Versuch einer Analyse des Instinkts nach objektiver vergleichender und experimenteller Methode.[1]

Von

Romuald Minkiewicz.

Mit 1 Abbildung im Text.

I. Allgemeiner kritisch-methodologischer Teil.

Die Frage des Instinkts und die sogenannten objektiven Kriterien des „Psychischen" und „Bewußten" bei niedern Tieren.

> „Ich will keine Erklärung für alles suchen; ich weiß, daß die Erklärung für alle Dinge ebenso wie der Anfang aller Dinge im Unendlichen liegen muß. Aber ich will zu verstehen suchen, daß ich dazu gelange; ich will, daß alles, was nicht auszudrücken ist, auch so bleibt, nicht weil die Forderungen meines Geistes unberechtigte sind, sondern weil ich die Grenzen meines Geistes sehe."
>
> L. Tolstoi, Meine Beichte.

Es ist die Pflicht eines jeden Forschers, der sich an die Erklärung eines bedeutenderen wissenschaftlichen Problems heranwagt, seinen prinzipiellen Standpunkt in bezug auf den Gegenstand möglichst klar und deutlich zu präzisieren. Es ist dies eine Pflicht nicht allein gegen den Leser. dem man dadurch so manches Mißverständnis erspart und die richtige Beurteilung der dargebotenen neuen Tatsachen wesentlich erleichtert, sondern auch — und zwar hauptsächlich — gegen das Problem selbst, um etwaige Widersprüche und Abweichungen zu vermeiden.

1) Übersetzt von Rosa Nussenblatt aus dem polnischen Originalmanuskript der in „Przegląd Filozoficzny" (= Philosophische Revue) in Warschau publizierten Arbeit (Vol. 10—11, 1907—1908).

Diese Pflicht wird zu einer kategorischen Notwendigkeit, wenn das betreffende Problem derart beschaffen ist, daß es gleichzeitig tief in mehrere wissenschaftliche Gebiete hineingreift und daß seine Lösung selbst in erheblichem Maße von dem subjektiven Standpunkte des Bearbeiters abhängen muß.

Zu derartigen Problemen gehört nun gerade das Instinktproblem, welches gleichzeitig in das Gebiet der Physiologie (oder allgemeiner: Biologie), Psychologie und der Erkenntnistheorie hinüberleitet.

Über die Wichtigkeit des Gesagten belehrt uns das Beispiel eines Forschers vom Range eines Metschnikoff, der in seinen bekannten „Studien über die menschliche Natur“ [1]) zur Annahme eines „Todestriebes“, einer völlig überflüssigen, jeder Begründung entbehrenden, vom biologischen Standpunkte sogar unzulässigen Annahme gelangt.

In meiner Kritik der Ansichten Metschnikoff's [2]) war ich gezwungen, mich auf die fast allgemein angenommene Definitionen des Instinkts zu stützen, erstens deshalb, weil es mir, als Verfasser, nur auf diese Weise möglich war, alle Kraft der Kritik gegen die Konstruktionen Metschnikoff's zu richten, zweitens weil ich sonst eine ganze Abhandlung über jenes Thema geschrieben haben müßte, was damals völlig außerhalb meiner Absicht lag. Endlich verfügte ich zu jener Zeit nicht über eigne Forschungen und neue Tatsachen, die zur Begründung abweichender Anschauungen unentbehrlich sind. Eben damals beschloß ich solche Tatsachen zu suchen.

Heute, da ich ihrer eine bedeutende Anzahl auf Grund zahlreicher eigner Experimente gewonnen habe, schwand für mich die Notwendigkeit, mich an die allgemein geteilten Ansichten zu halten, deren wesentlichen Inhalt ich folgendermaßen zusammengefaßt habe [3]):

„Als Instinkt bezeichnet man eine gewisse niedere Form unbewußter, nichtsdestoweniger zweckmäßig sich entwickelnder psychischer Tätigkeit. Nach den

---

1) Elie Metschnikoff, Etudes sur la nature humaine. Essai de philosophie optimiste. Paris 1903 (Masson) (Polnische Übers. Warschau 1905).

2) R. Minkiewicz, O dysharmoniach w naturze ludzkiej, o śmierci naturalnej i o t. zw. instynkcie śmierci. (Über Disharmonien in der menschlichen Natur, über den natürlichen Tod und den sog. Todestrieb.) Kritische Anmerkungen. Warschau 1905.

3) l. c., p. 38.

modernen wissenschaftlichen Anschauungen entsteht der Instinkt in zweifacher Weise: entweder phylogenetisch, auf dem Wege einer langdauernden Entwicklung einer stufenweisen und immer genaueren Anpassung an gewisse, für das Leben des Individuums und der Gattung notwendige Funktionen; dies ist die Beschaffenheit der Mehrheit der Instinkte. Oder der Instinkt unterscheidet sich nicht viel von der Gewohnheit, und dann entsteht er infolge Automatisierung gewisser vorher bewußt verrichteter Akte, wenn das Bewußtsein später verloren ging."

Die Stellung verschiedener Forscher zu diesen beiden, ursprünglich von Darwin[1]) ausgesprochenen Entwicklungsmöglichkeiten ist verschieden. Die Einen, wie Haeckel, Lloyd Morgan, akzeptieren beide, Andere — u. zw. die Mehrheit — bloß die erste, selektionistische Theorie (Weismann, Ziegler, Bethe, Forel, W. Wagner usw.); wieder andere endlich, wie Wundt, Romanes, Preyer, Pouchet, Lewes, lassen ausschließlich die zweite Eventualität der erworbnen Automatismen gelten.

Es ist nicht meine Absicht, mich hier unmittelbar mit dieser Frage zu beschäftigen. Hingegen werde ich mich bei der oben angeführten Definition des Instinkts aufhalten, um bei der Analyse der darin enthaltenen Behauptungen meinen eignen Standpunkt in dieser Hinsicht zu entwickeln und zu begründen.

Um diese Prüfung zu erleichtern und zu zeigen, daß es sich hier nicht etwa um einen Kampf gegen Windmühlen nach Art Don-Quichote's, sondern mit wirklichen, in der Wissenschaft lebenden Ansichten handelt, werde ich mich statt der oben angeführten abgekürzten summarischen Definition einiger originalen, sich gegenseitig ergänzenden Definition verschiedener Forscher bedienen, wobei hauptsächlich jene Autoren berücksichtigt werden sollen, von denen in dem unlängst von H. E. Ziegler herausgegebenen zusammenfassenden Referate „Der Begriff des Instinktes einst und jetzt"[2]) abgesehen wurde. Die für die Geschichte dieses Problems besonders Interessierten werden auf die genannte Abhandlung verwiesen. Hermann Fol, dessen Aufsatz ich den ersten experimentellen Hinweis auf den Maskierungsinstinkt der Krabben verdanke, definiert den Instinkt als „le désir impérieux et inné d'exécuter de séries d'actes propres à atteindre un but final que l'acteur ne com-

1) Darwin, The descent of man, 2. ed., London 1890, p. 67—68.
2) Ziegler, in: Zool. Jahrb., Suppl. 7, 1904.

prend généralement pas... — La connaissance du but final n'est ni nécessaire ni même utile à l'accomplissement de l'instinct." [1])

Eine der vollständigsten ist die Definition von Wladimir Wagner in seinem schönen, aber unbekannt gebliebenen, da nur russisch publizierten Buche, am Ende des Abschnitts über „Die psychologische Natur der Instinkte". [2]) Sie lautet folgendermaßen: „Instinkt ist eine solche psychische Fähigkeit, der zufolge das Tier gewisse, zu Erlangung irgend einen Zweckes unentbehrliche Handlungen ausführen kann, wobei die Bedeutung jenes Zweckes dem Tiere nicht bewußt ist; der Verlauf jener Handlungen ist bei allen Individuen derselben Art immer derselbe und vom Einlernen oder von Erfahrung unabhängig. Die Handlungen des Instinkts sind nicht nur de facto unbewußt, wie dies die von uns erlangten Resultate der Forschung beweisen, sondern können auch ihrem Wesen nach nicht anders sein."

In letzterer Beziehung lautet die Aussage Wasmann's noch kategorischer: „Die unbewußte Zweckmäßigkeit ist somit das wesentliche Kriterium der instinktiven Handlungen gegenüber den intelligenten." [3])

Wie Wasmann dieses „Kriterium" anzuwenden vermag, bleibt für immer sein Geheimnis. Wir würden nämlich zunächst ein Kriterium finden müssen, um zu entscheiden, ob die betreffenden Handlungen der Tiere „bewußt" oder „unbewußt" sind?

Für Wasmann unterliegt dies keinem Zweifel, da er von der Voraussetzung ausgeht, allein und ausschließlich der Mensch sei mit einer unsterblichen, bewußten Seele ausgestattet, kein Tier hingegen könne ein Bewußtsein und eine unsterbliche Seele besitzen. . . . Er ist daher gezwungen, außer den gewöhnlichen noch „Instinkte in weiterem Sinne" anzunehmen, worunter er alle höheren Lebensäußerungen der Tiere versteht. Nun aber selbst wenn ich damit einverstanden wäre, würde ich denn doch nicht einsehen, zu welchem Zwecke der Verfasser jenes „wesentliche Kriterium" einsetze, da er von vornherein allen Tieren das Bewußtsein abspricht, es wären somit alle Handlungen derselben instinktiv?

Weit sonderbarer ist die Behauptung von der „Unbewußtheit"

1) Fol, L'instinct et l'intelligence, Part 1, in: Rev. sc., 1886, No. 7 (13. Février), p. 197.

2) W. Wagner, Probleme der Zoopsychologie (russisch), Petersburg 1896, p. 142—143.

3) Erich Wasmann, Instinkt und Intelligenz im Tierreich, 3. Aufl. 1905, Freiburg i. B., Kap. 3, p. 27.

instinktiver Handlungen der Gesamtheit der Tiere im Gegensatze zu „bewußten“ Handlungen bei gewissen höhern Tiergruppen, noch sonderbarer mutet es an, dergleichen von solchen Pionieren „der objektiven Methode“ in der vergleichenden Psychologie zu hören, wie W. WAGNER, wie J. LOEB.[1])

Es fragt sich, worauf eine solche Behauptung, eine so willkürliche Einteilung der tierischen Handlungen gestützt wird? Sind dies etwa erkenntnistheoretische Beweisführungen, die uns mit unerbittlichem Zwang dazu nötigen, oder gar gewisse praktische Rücksichten, zwecks Erleichterung einer wissenschaftlichen Erklärung?

Betrachten wir die Sache näher. Nach allen Hoffnungen und Täuschungen, nach allen Qualen und verzweiflungsvollem Herumirren, die der Gedanke seit KANT durchmachte, unterliegt es doch heutzutage keinem Zweifel mehr, daß die Annahme irgendeiner Welt, irgendeines absoluten, außer den Grenzen der Erfahrung liegenden Seins, dessen Äußerungen die uns durch die Erfahrung zugänglichen Tatsachen wären — daß eine solche Annahme eine willkürliche metaphysiche Konstruktion ist, schön und vielleicht berechtigt als poetische Schöpfung, jedoch erkenntnistheoretisch völlig unbegründet und auch ohne jeglichen erkenntnistheoretischen Nutzen.

Nur das ist (hat ein Sein), was mir unmittelbar in der Erfahrung (im Bewußtsein) gegeben ist, und nur so, wie es mir eben gegeben ist — sei es das Gefühl des Glückes oder des Schmerzes, sei es die goldene Sonnenscheibe, eine Amöbe im Gesichtsfelde des Mikroskops, die Gestalt einer geliebten Person oder mein eigner Körper . . .

Als solches, als ein mir unmittelbar Gegebenes, hat es ein reales, selbständiges, unabhängiges, absolutes Sein, da es sich weder verneinen, noch irgendwie beseitigen oder verändern läßt. Es ist einfach eine Tatsache, eine konkrete Wirklichkeit, eine vollständige Wahrheit, die keiner Beweisführung, keiner Verifizierung bedarf, die sich weder „näher erkennen“ noch durch irgend etwas erklären noch reduzieren läßt. Es ist einfach das, was es ist, und dadurch, daß es ist. Nichts weiter. Einen andern Grund „höherer“ Kategorie, einen andern „wesentlichen“ Inhalt, ein anderes realeres Sein besitzt es nicht. In einem integralen Ganzen und in einer idealen Klarheit kommt es auf einmal, unmittelbar zum Vorschein.

---

1) J. LOEB, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergl. Psychologie, 1899, Kap. 13 (poln. Ausg., p. 144, Warschau 1906).

Die unmittelbare Wirklichkeit unterliegt natürlich als solche keinen Zusammenstellungen, sie kann nicht ein Objekt von Denkoperationen sein, ist auch nicht Stoff der Wissenschaft, wenn sie auch gleich ihr Ursprung und Bewährungsmittel ist.

Das, womit wir im Alltagsleben, im Anfangswissen und auf den höchsten Stufen der Wissenschaft operieren, ist bloß ein Teil der dem Mutterschoß des Bewußtseins entrissenen Wirklichkeit, ein der Keimhaut des unmittelbaren Seins beraubter Teil, der sodann erst neuerlich als Objekt geschaffen wird, welches jetzt nur noch mit gewissen „Merkmalen“, gewissen „Eigenschaften“ versehen wird, herausgeschält mittels Schlußfolgerung aus den ursprünglichen Erfahrungstatsachen.

Diese gefolgerte, objektive, Lebens- und wissenschaftliche Wirklichkeit ist kein selbständiges Sein, ist nichts, was sich von der unmittelbaren Wirklichkeit unterscheiden sollte — ist sie doch ihr Kind und streckt ihr, als ihrer Mutter, die Arme entgegen —, nichtsdestoweniger aber eben deshalb, weil gefolgert, weil mittelbar, emanzipiert, mit herausgeschälten, im Schöpfungsakt verselbständigten Eigenschaften versehen, eben deshalb drängt sie sich dem Gedanken auf als etwas Eigenartiges und völlig Selbständiges, als etwas vom Bewußtsein Grundverschiedenes, das sein eignes, objektives, gleichsam ebenso reales Sein hat.

Leben und Wissenschaft haben volles Recht, ja sie sind gezwungen, die objektive Wirklichkeit als selbständig zu behandeln, da doch letztere einzig als solche ihren Stoff bildet. Es steht ihnen aber kein Recht zu, ihre abgeleitete Natur zu vergessen, und — was noch wichtiger — sie könnten es nicht tun, da jene Willkürlichkeit, mit der nur gewisse, der unteilbaren Gesamtheit von Tatschen der unmittelbaren Erfahrung entrissene Eigenschaften objektiviert werden, sich an ihnen vielfach rächt, indem sie sie zu Verirrungen und Mißverständnissen verleitet, sie zwingt, sich neuerdings auf den Mutterschoß des Bewußtseins zu berufen und neuerdings objektive Existenzen zu schaffen. Hierin liegt eben das Bedürfnis der „exakten Wissenschaft“, die Begründung mühevoller Forschungen nach „objektiver Wahrheit“, welche ausschließlich die objektive Welt, die gefolgerte Wirklichkeit betreffen können.

Diese „Wahrheit“ wird natürlicherweise immer nur relativ sein, da das Absolute die unmittelbare Erfahrung selbst ist, die sich weder zergliedern noch zusammenstellen läßt. Um so mehr aber wird sich jene „Wahrheit“ ihrem unerreichbaren Ideal nähern, je

besser, je genauer, je fester sie uns in der Umgebung der Erscheinungen des Weltalls orientiert, indem sie die weitesten Reihen derselben in möglichst einfache Komplexe zusammenfassen und ihren zukünftigen Verlauf voraussehen läßt.

Um diese „Wahrheit“ zu erreichen, ist es wohl gestattet, Theorien und Hypothesen aufzustellen, apriorische Voraussetzungen anzunehmen, „irrationale Begriffe“ einzuführen, insofern dieselben nützlich — vorderhand wenigstens unentbehrlich sind. Es ist hingegen unerlaubt, ihren Ursprung und Zweck zu vergessen, ihnen die Bedeutung eines realen Seins zuzuschreiben, sie mit der unmittelbaren Wirklichkeit zu vermengen, oder über die letztere zu erheben. . . . Übrigens kümmert sich die Wirklichkeit darum nicht und wird das Leben und die Wissenschaft zwingen, mit ihr zu rechnen und jene Hypothesen, Voraussetzungen und metaphysischen Existenzen in die ihnen gebührenden Schranken zurückzuweisen oder zu vernichten. Vor allem ist es nicht erlaubt, unnötigerweise „Irrationalitäten“[1]) anzuhäufen, das ist, Begriffe, die sich nirgends zuordnen und auch nicht zurückführen lassen, da die Entwicklung der Wissenschaft sich insofern der „objektiven Wahrheit“ nähert, als sich die Zahl der „Reste“ vermindert, als die Anordnung immer weitere Kreise zieht, immer weitere, vorher unzugängliche Gebiete umfaßt.

Wie nimmt sich nun in diesem Lichte das uns hier interessierende Problem der Erforschung von „Bewußtseinserscheinungen“ in der Reihe der lebenden Wesen aus?

Unmittelbar gegeben sind sie nicht — darüber gibt es keinen Meinungsstreit. Somit wären sie ein gefolgerter Begriff. Wäre dem so, dann stehen sie nicht auf gleichem Niveau mit den übrigen Eigenschaften und Merkmalen der objektiven Welt, da es doch keine Tatsachen der unmittelbaren Erfahrung gibt, aus denen sie durch einen Akt objektivierender Verselbständigung direkt entstehen könnten. Indem sie also weder eine unmittelbar-reale noch eine objektivierte Existenz besitzen, so sind sie ein par excellence und für immer irrationaler Begriff, ebenso wie die Begriffe: Substanz, Materie, Atom, Äther, Kraft und Energie. Nein — sie sind dies nicht in demselben, sondern in einem bedeutendern, in einem gefährlichern Maße, denn sie unterliegen einer fortwährenden Ver-

1) s. J. KODIS, Irracjonalność pojęć jako źródło metafizyki, in „Przegląd filoz.“, Jg. 9, Heft 4, Irrationalität von Begriffen als Quelle der Metaphysik, Warschau 1906.

wechslung mit den unmittelbar gegebenen Tatsachen, die gewöhnlich ebenfalls „Bewußtseinserscheinungen“ genannt werden.

Daß dem so ist, lehrt gründlich die ganze traurige Geschichte der sog. „Zoopsychologie“, anders „vergleichende Psychologie“ genannt.

Für weitere Schlußfolgerungen und Beweisführungen ist die Feststellung der irrationalen Natur des Begriffs „eines die tierischen Akte (manche bloß oder alle — das ändert nichts an der Sache!) begleitenden Bewußtseins“ von unermeßlicher Wichtigkeit, wiewohl jene Irrationalität allein noch nicht die Schädlichkeit, ja nicht einmal die Überflüssigkeit dieses Begriffs beweist. Darüber zu entscheiden vermögen bloß praktische Rücksichten der Wissenschaft, das Verhältnis dieses Begriffs zur objektiven Wahrheit.

Zu dem Behuf sind wir gezwungen, ihn etwas näher zu analysieren.

Seine Entstehung ist auf den Grund der Verzweifachung des Begriffs [1]) „Bewußtsein“ zurückzuführen — einer leider nur zu häufigen Erscheinung in der Geschichte des menschlichen Denkens.

Einerseits ist nämlich das Bewußtsein eine andere begriffliche Fassung der mir ursprünglich in der Erfahrung gegebenen unmittelbaren Wirklichkeit, andererseits aber bedeutet „Bewußtsein“ eine in meinem Organismus lokalisierte, „introspektive“, subjektive Welt, als „innerer Reflex“ des Verhältnisses dieses Organismus zur äußern Welt, zu andern Organismen und endlich zu sich selbst.

In dieser letztern Bedeutung läßt sich „Bewußtsein“ schwerlich vom Begriff „Seele“ absondern, mit dem es sich entweder völlig deckt oder zu dem es sich so verhält wie der Begriff „Erscheinung“ zu demjenigen des substantiellen Seins, in welchem sich auch andere, nicht zum Bewußtsein kommende Erscheinungen entwickeln können — und so hätten wir dann „unbewußte Seelenerscheinungen“.

Bei näherer Betrachtung der Begriffe „Introspektion“, [2]) „subjektive Welt“ u. dgl. überzeugen wir uns indessen, daß sie nichts anderes enthalten als die unmittelbare Erfahrung, die ursprünglich

---

1) Eigentlich ist dies eine Verzweifachung des Ausdrucks, da Bewußtsein in ersterer Bedeutung als unmittelbare Wirklichkeit kein Gegenstand der Erkenntnis sein kann, sich nicht begrifflich erfassen läßt.

2) s. die schöne Analyse der „Introspektion“ in Edward Abramowski's („Dusza i ciało“, Prawo współrzędności psychofizjologicznej), „Seele und Leib“, Gesetz des psychophysiologischen Parallelismus, Kap. 1, Warschau 1903.

gegebene Wirklichkeit, das Bewußtsein in ersterer Bedeutung; nichts weiter. Alles Übrige ist nur das Ergebnis eines lästigen, um so traurigern als stets sich wiederholenden Mißverständnisses infolge des irreleitenden Ausdrucks „Introspektion“, der zu denken veranlaßt, man schaue in das Innere eines materiellen Etwas [d. i. des Organismus — daher das Bewußtsein als „innerer Reflex der Gehirntätigkeit“ in FOREL's[1]) Monismus] oder wenigstens eines substanziellen Etwas (Seele!) hinein.

Ein Bewußtsein in letzterer Bedeutung konnte in der Wissenschaft natürlich nur so lange existieren, als in derselben die Seele, als ein substantielles, im Körper, im Organismus lokalisiertes Sein auftrat. Unterliegt es aber für mich keinem Zweifel, daß die Wirklichkeit sich keineswegs in den willkürlichen Rahmen einer Einteilung in Physik und Psychik hineinzwängen läßt, ist es für mich nicht mehr fraglich, daß die „substantielle Seele“ ein irrationaler Begriff oder ein aus einem solchen geschaffenes metaphysisches Sein ist — zur wissenschaftlichen Erfassung betreffender Tatsachen durchaus nicht unentbehrlich und keineswegs ausreichend —, dann wird es mir auch klar sein, daß jenes „introspektive Bewußtsein“ eben die in der Erfahrung erfaßte unmittelbare Wirklichkeit selbst ist.

Die sog. Bewußtseins-„Zustände“ oder -Erscheinungen — das sind jene realen, keiner Verneinung unterliegenden ursprünglichen und einzig mir gegebenen Tatsachen, von denen oben die Rede war, die — solange sie in ihrem ursprünglichen Wesen fortdauern, sich weder analysieren noch erklären noch klassifizieren lassen — überhaupt nicht als Erkenntnisproblem aufgefaßt werden können.

Es ist unmöglich die Bewußtseinszustände zu verstehen, sie in einfache und zusammengesetzte einzuteilen, die einen von andern abzuleiten oder sie auf etwas Ursprünglicheres, auf irgendwelche Elemente zurückzuführen, und wären es die primären Empfindungen [2]) von HERBART-WUNDT-HELMHOLTZ usw. oder andere.

Ein derartiger Versuch wäre schon an sich ein Erkenntnisfehler, was sich aus dem Bankerott der rationalistischen Psychologie und aus dem Scheitern der ohnmächtigen Theorie von den psychischen

---

1) AUG. FOREL, Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen und einiger anderer Insekten, 4. Aufl., München 1907, p. 7.

2) s. u. a. die überreiche Kritik von W. HEINRICH, Theorien und Ergebnisse der psychologischen Forschungen (Teorye i wyniki badań psychologicznych). Teil I. Warschau 1901.

Einheiten, allen Verbesserungen und Heranziehungen zum Trotz, mit Klarheit ergibt.

Entweder existiert die Psychologie als Wissenschaft nicht, oder sie muß, wie eine jede Naturwissenschaft, sich mit Erscheinungen der objektiven Welt befassen, da nur eine solche der wissenschaftlichen Erkenntnis unterliegt, nur letztere sich erforschen, verbinden, klassifizieren, reduzieren, kausal, teleologisch oder auf irgendeine andere erdenkliche Weise erklären läßt.

Es besteht kein Grund zu befürchten, daß die Psychologie dadurch mit der Physiologie oder gar mit der Physik usw. identisch werden könnte.

Ihre ausschließliche Eigenheit bleibt es für immer, Korrelate objektiver Erscheinungen in der Welt der unmittelbaren Wirklichkeit aufzuweisen, ihre spezifische Beschäftigung die Aussteckung zweier parallelen Linien: einerseits der untersuchten objektiven Erscheinungen (der organischen Prozesse, Nerven- und Gehirnänderungen, der Verhältnisse im äußern Reizmedium usw.), andrerseits der ursprünglich gegebenen und den erstern parallelen Tatsachen des Bewußtseins, aus denen jene Erscheinungen durch den Akt objektivierender Verselbständigung, einen Schöpfungsakt der Lebenserkenntnis zutage gefördert wurden. Nur im Sinne eines parallelen Aussteckens jener beiden, ihrem Wesen nach grundverschiedenen Linien, die nie und nirgends zusammentreffen können, nur im Sinne einer, wenn ich mich so ausdrücken darf, Koordinierung einzelner farbiger Punkte an jenen beiden Linien ist das Prinzip des psychophysischen Parallelismus zu verstehen, außer welchem es für die Psychologie keinen Gegenstand gibt; infolgedessen sind sogar jene Forscher, die sie theoretisch verwerfen, gewungen, in ihren Studien de facto an ihr festzuhalten und somit durch ihr Vorgehen ihren eignen Anschauungen zu widersprechen.

Ein derart aufgefaßter Parallelismus ist keineswegs Dualismus, da er von der Voraussetzung ausgeht, daß die Wirklichkeit eine einzige — unmittelbare, ursprüngliche ist, während sich nur ihre sekundär verarmte, objektivierte Gestalt erforschen läßt. — Natürlich ist hier auch für keinen Monismus Platz, weder im Sinne des Psycho-Gehirn-Monismus von A. Forel noch des Plastidulen-Monismus von Haeckel noch des energetischen von W. Ostwald.

Aus dem oben Gesagten ergibt es sich ferner, daß in der objektiven Welt, sei es in meinem Organismus oder in der Natur,

keine Erscheinung existieren kann, die nicht einen ihr entsprechenden primären Vorgang im Bewußtsein hätte. Kommt eine solche Erscheinung in der Wissenschaft zum Vorschein, dann fällt sie selbst schon von vornherein das Urteil über sich, daß sie keine objektive, sondern eine außernatürliche, metaphysische ist.

Entgegengesetztes läßt sich indessen nicht postulieren, da es ja möglich ist, das Vorhandensein solcher Tatsachen der ursprünglichen Erfahrung a priori anzunehmen, denen Leben und Erkenntnis, sei es aus Unvermögen, sei es aus Mangel an Gelegenheit, keinen schöpferischen Ausdruck in der objektiven Welt verliehen hatten.

Wenn also die wissenschaftliche Psychologie — behufs Untersuchung oder Erklärung irgendeiner Erscheinung der menschlichen Seele, meiner Seele — gezwungen ist, ihre Zuflucht zu objektiver Forschung zu nehmen, einerseits der koordinierten physiologischen Prozesse des Organismus, andrerseits der mechanischen und physikalisch-chemischen Prozesse des äußern Reizmediums und ihren gegenseitigen Verhältnissen zueinander — wie sonderbar ist demgegenüber das ganz entgegengesetzte Verfahren der „Zoopsychologen", die eine Erklärung der komplizierten Tierakte auf dem Wege der Aufzeigung einer „Teilnahme von Bewußtsein" in denselben oder wenigstens „eines unbewußten Psychischen" (W. Wagner) oder „eines Unterbewußtseins" (A. Forel, Camillo Schneider [1]) usw., zu finden suchen.

Ein Erkenntnisfehler und vergeblicher Zeitverlust ist es, insofern man nicht an dem metaphysischen Begriffe der Seele festhält, die Existenz eines Etwas nachweisen zu wollen, das in der unmittelbaren Erfahrung nicht gegeben ist, jedoch der Definition und seiner Natur nach in die objektive Welt nicht hineingehören kann.

Kein Kriterium vermag darüber hinwegzuhelfen, da es diesbezüglich weder irgendwelche Kriterien noch irgendwelche „Erkennungsmittel" geben kann, die man mit „einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit" gebrauchen könnte, wie es nach der irrtümlichen Meinung von F. Lukas [2]) heißt. Welche Wahrscheinlichkeit kann denn dort vorhanden sein, wo nur eine absolute Unmöglichkeit existiert?

Wenn aber auch der Nachweis von „Bewußtsein in der Tierwelt" möglich wäre, was würde dies der Wissenschaft nützen, wenn —

1) K. Camillo Schneider, Grundzüge der vergl. Tierpsychologie, in: Biol. Ctrbl., Vol. 25, 1905.

2) Franz Lukas, Psychologie der niedersten Tiere, Wien und Leipzig 1905, Einl. p. 5 u. f.

wie es oben bewiesen wurde — die Bewußtseinstatsachen zur Aufklärung irgendwelcher Erscheinungen, Bewegungen, Handlungsweisen sogar in der menschlichen, in meiner Welt nichts beizutragen vermögen, da sie doch von jenen absolut verschieden sind und keineswegs in eine und dieselbe Welt mit ihnen hineingehören?

Sollte die „Zoopsychologie" etwa dort irgendwelche Ansprüche erheben können, wo die Psychologie des Menschen nicht feststeht? Sollte der „Nachweis von Bewußtseinsäußerungen" (welch ein krasser Widerspruch in dieser Zusammenstellung!) bei der Amöbe (wie es BINET[1]) vermutet) oder bei der *Hydra* (nach LUKAS) ein Verständnis für das Benehmen dieser Wesen ermöglichen können, wenn es doch auf diesem Wege unmöglich ist, zum Verständnis meines Verhaltens zu gelangen?

Als auch deshalb — bezüglich der praktischen Rücksichten der Wissenschaft — sind alle Bemühungen, für das Vorhandensein des Bewußtseins in der Tierwelt einen Beweis zu erbringen, völlig zwecklos und wissenschaftlich unzulässig.

E. CLAPARÈDE hat vollkommen recht, wenn er im letzten Satze seines sinn- und geistreichen Aufsatzes[2]) schreibt, auf die besagte Frage müsse die Antwort der Wissenschaft lauten: „non seulement: »Je l'ignore«, mais encore »Peu m' importe!«".

Richtig ist das Verfahren der neuen Schule des Physiologen und Psychophysiologen, wie Th. BEER, ALBRECHT BETHE, JAKOB UEXKÜLL, HEINRICH ERNST ZIEGLER, J. P. NÜEL — die das Bewußtseinsproblem aus dem Gebiete der wissenschaftlich-biologischen Studien gänzlich eliminieren. Berechtigt ist endlich die Beseitigung durch die amerikanischen Forscher der Benennung selbst „Zoopsychologie" oder „vergleichende Psychologie" und der statt dessen eingeführte Ausdruck „Animal Behavior", das ist „Betragen, Verhalten der Tiere". Den letztern Namen hat denn auch die betreffende Sektion des 7. internationalen Zoologenkongresses in Boston getragen.

Allem Begründungsmangel und der ganzen Zwecklosigkeit zum Trotz dauert jedoch der Streit um das Bewußtsein in der Wissenschaft bis auf den heutigen Tag fort. Er erhält sich da eben in derselben Weise, wie er entstand — dank einer Vermischung von

1) ALFRED BINET, La vie psychique des microorganismes, 1887.

2) ED. CLAPARÈDE, Les animaux sont-ils conscients?, in: Revue phil., Vol. 51, Mai 1901.

Begriffen, der Verdopplung der Ausdrücke und dem Aufbewahren metaphysischer Anachronismen in den Dämmerwinkeln der Wissenschaft.

Nachdem man die Bewußtseinszustände — ihre ursprüngliche Existenz vergessend — im Innern des objektiven Organismus als eine gewisse introspektive Art seiner Äußerungen, als seine „Seele“ (ob substantiell oder nicht, das ändert nichts an der Sache) lokalisiert hatte, drängten sich die weitern Schlüsse schon von selbst auf. Da die Organismen höherer Tiere (z. B. der Affen) sich in nichts Wesentlichem von dem menschlichen — von meinem Organismus — unterscheiden, dann müssen auch in ihrem Innern „Seelen“, in der Introspektion der Affen sich äußernde bewußte Zustände existieren — von den meinigen vielleicht nur etwas verschieden — wer vermag denn dies zu wissen?

Da aber, von den Affen angefangen, eine fast ununterbrochene Reihe stufenweiser Vereinfachung der Organisationen weithin bis zu den einzelligen Infusorien, Flagellaten und Amöben führt, so müssen auch dort Seelen — wenn auch nur etwa „Urseelen“ — vorhanden sein (Haeckel, Binet usw.). Einen hinreichenden Grund, die angeführte Schlußfolgerung irgendwo höher, z. B. bei der *Hydra*, wie es Lukas will, abzuschließen, gibt es nicht.

Weshalb aber jene Folgerung ausschließlich auf die Tierwesen beziehen? Gehören doch die Amöben und Flagellaten in gleichem Maße in die Pflanzenwelt hinein — und die von ihnen immer höher aufsteigende Reihe führt stufenweise zu Moos, Farnkraut, Baum.... Und es gibt in der Tat eine Reihe von Botanikern, wie Massart, Francé u. A., bei denen von niedern Seelenerscheinungen der Tiere die Rede ist. Es ist unmöglich, ihnen nicht recht zu geben, um so mehr als dies eben neue, derart interessante Forschungsbahnen eröffnete, wie diejenigen von Haberlandt, Němec, Czapek über die sog. „Sinnesorgane“ bei den Pflanzen.

Gibt es andrerseit wieder einen hinreichenden Grund, bei den Protozoen und Bakterien haltzumachen, wenn an Kolloiden, an „flüssigen Krystallen“ von Lehmann, an künstlich konstruierten Zellen von Quincke, Bütschli, Rhumbler und letzthin von Leduc so viel Analogie mit den Lebenserscheinungen — Strukturen, Wachstum, Teilung, Bewegungen, Empfindlichkeit gegen Einflüsse — zu finden ist? Auch da könnte man also panpsychische Schlüsse ziehen —, und von hier aus wäre kein weiter Sprung einerseits zum „Hylozoismus“ der Urvölker, andrerseits zu den Leibniz'schen Monaden. An der

naturwissenschaftlich, auf Analogien gebauten Beweisführung wäre nicht viel auszusetzen. Die ganze Schwierigkeit bestände darin, wo ihr einen Halt zu geben? bis wohin anzuwenden? welches Kriterium herauszufinden, daß bei gewissen Wesen bewußte oder seelische Erscheinungen vor sich gehen, bei andern hingegen nicht?

Daher die ins Unendliche gehenden und völlig fruchtlosen Streitigkeiten, da es, wie wir dies bereits bewiesen haben, unmöglich ist, jenes Kriterium zu finden — unmöglich aus dem Grunde, weil der ganze Streit das Resultat eines Mißverständnisses, eines Erkenntnisfehlers ist, der gleich an der Fragestellung selbst, am Anfang der Beweisführung liegt. Dieser Fehler besteht in der Annahme von unmittelbaren Tatsachen der Wirklichkeit (des Bewußtseins) für Erscheinungen, für „innere" Eigenheiten meines objektiven Organismus oder für „introspektive" Äußerungen einer metaphysischen substantiellen Seele.

Nun aber betrachten wir näher, was denn das für angeblich „objektive" „Kriterien" sind, die die Gelehrten zur Feststellung bewußter Erscheinungen der Tierseele anführen, wenigstens zur Feststellung eines „tätigen Bewußtseins", wie es Lloyd Morgan [1]) nennt, jenes „imperium in imperio", das den physiologischen Lauf der Bewegungsakte zu ändern vermag? Eigentlich wird als Kriterium fast ausschließlich die Tatsache der Wahl angewendet — nur verschiedenartig gestaltet und unter verschiedenen Benennungen.

Direkt von einer „Wahl" (choix, choice) sprechen: A. Binet, G. Romanes, L. Morgan, William-Morton Wheeler. — A. Bethe, Robert M. Yerkes, J. Loeb hingegen sprechen von „Erlernen".

Schwer wäre es da, einen tiefern Unterschied festzustellen, ganz abgesehen von der kritiklosen Auffassung des Wahlbegriffes von Binet, welcher darunter das verschiedene Reagieren des Organismus auf verschiedene Reize derselben Kategorie, z. B. auf Tastreize, versteht. Binet's Ansicht wurde von Lloyd Morgan in seiner Kritik genügend bekämpft; er hebt ganz richtig hervor, daß auch die photographische Platte eine solche Wahl treffe, indem sie aus der unermeßlichen Verschiedenartigkeit der Ätherwellen nur gewisse, z. B. die violetten, reflektiert.

Weit entfernt von einer solchen „Wahl" ist das „Erlernen", das die Feststellung eines „Assoziationsgedächtnisses" (Loeb) bedingt. Aber schon die „Wahl" von Romanes hat folgende Be-

1) Lloyd Morgan, Habit and Instinct, London 1896, Kap. 12.

deutung (fast wörtlich): Besitzt der Organismus die Fähigkeit auf Grund eigner individueller Erfahrung neue Anpassungen auszuführen oder frühere zu ändern? So wird jene „Wahl“ auch von andern aufgefaßt. Und dann — was ist sie denn anderes als „Erlernen“, als Assoziationsgedächtsnis?

Wir können uns also ausschließlich mit der Analyse dieses letztern Kriteriums begnügen.

Prüfen wir vor allem die konkreten Ergebnisse seiner Anwendung. Nur die neuesten Arbeiten werden hier berücksichtigt.

Sowohl in seiner großartigen Arbeit über den Bau und die Funktionen der Nervenzentren der Krebse[1], wie auch in den überaus sinnreichen Versuchen an den Ameisen und Bienen[2] sieht sich BETHE genötigt, den genannten Tieren jede psychische Tätigkeit völlig abzusprechen. Es konnten jedoch seine Forschungen und insbesondere seine Schlüsse betreffs jeder von den drei von ihm behandelten Tiergruppen einer strengen, oft überaus sachlichen Kritik nicht standhalten. Es geschah dies von WASMANN in bezug auf die Ameisen (im 8. Kap. des bereits genannten Buches), von BUTTEL-REEPEN[3] bezüglich der Bienen, endlich von YERKES[4] und SPAULDING[5] in bezug auf Krebse. Die zwei letztgenannten amerinischen Autoren haben schöne Untersuchungen angestellt, welche die Fähigkeit einer individuellen Anpassung, einer Erlernung oder „Gestaltung von Gewohnheiten“, wie die Titel der Arbeiten lauten — dartun.

Es ist hier nicht der Ort zu einer gehörigen Kritik jener Forschungen — ein andermal vielleicht. Hier wollte ich nur auf das

1) A. BETHE, Das Centralnervensystem von Carcinus maenas, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 51, 1898. Auch spätere Arbeiten in: Arch. ges. Physiol.

2) A. BETHE, Dürfen wir den Ameisen und den Bienen psychische Qualitäten zuschreiben?, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 70, 1898 und spätere Arbeiten in: Biol. Ctrbl.

3) H. BUTTEL-REEPEN, Sind die Bienen „Reflexmaschinen“? Experimentelle Beiträge zur Biologie der Honigbiene, in: Biol. Ctrbl., Vol. 20, 1900.

4) ROBERT M. YERKES and GURRY E. HUGGINS, Habit-formation in the Crawfish Cambarus affinis, in: Harvard Psychological Studies, Vol. 1, 1903, wie auch ein früherer Aufsatz von YERKES in: Biol. Bull.

5) E. G. SPAULDING, An establishment of association in Hermit Crabs Eupagurus longicarpus, in: Journ. comp. Neurol. Psychol., Vol. 14, 1904.

Unsichere der Resultate einer praktischen Anwendung jenes Kriteriums hinweisen.

Noch besser. Nach Anführung der Resultate von BETHE — der einzigen experimentellen Ergebnisse, über die er verfügte — schließt LOEB plötzlich, BETHE begehe ein Unrecht, indem er ein Assoziationsgedächtnis, somit auch das Bewußtsein den sozialen Insecten abspreche. Er selbst aber begeht dieses Unrecht an niedern Wirbeltieren, Selachiern, ja sogar wenn nicht an allen, so doch an gewissen Fröschen.

Daraus ergibt sich klar die ganze Willkürlichkeit und das Unsichere jenes angeblich „objektiven Kriteriums", wenn eine dermaßen willkürliche Einteilung erlaubt — die Einteilung der Tiere in solche, die mit Bewußtsein ausgestattet sind und andere, die eines solchen entbehren — wie dies eben LOEB tut: manche Fische besitzen Assoziationsgedächtnis, andere wieder (Selachia) nicht; so sind die Laubfrösche bewußt, andere Froscharten nicht; ebenso manche Krebse usw.[1])

Der Sinnlosigkeit solcher psychologisch-erkenntnistheoretischer Kunststücke, die von E. CLAPARÈDE[2]) in einer überaus sinnreichen Weise verspottet wurden, ist sich LOEB bewußt und ist bemüht, ihre Möglichkeit zu begründen durch den mißglückten Exkurs (im nächsten, 16. Kap.) in das Gebiet der intermittierenden Funktionen, zu denen u. a. auch die Keimesentwicklung und das Auftreten bewußter Akte in der Reihe der Lebewesen gehören sollen (sic!).

Damit letzteres keine allzu auffallende Überraschung sei, genügt es — nach LOEB — nur anzuerkennen, das, was wir psychische Erscheinung nennen, sei bloß eine metaphysische Wortbestimmung der Funktion des Assoziationsgedächtnisses.

Eine Kleinigkeit! Vergißt doch der werte Verfasser, daß er am Anfang des vorangehenden (15. Kap.) eben zu beweisen versprach, daß das, was die „Methaphysiker" Bewußtsein nennen, eine vom Mechanismus des Assoziationsgedächtnisses abhängende Erscheinung sei.

Es sollte dies in der Tat bewiesen werden. Das wäre eine unerhörte Entdeckung in der Erkenntnistheorie. Keine Be-

1) J. LOEB, Einleitung . . ., Kap. 15.
2) l. c.

wußtseinstatsachen, keine Tatsachen der unmittelbaren Wirklichkeit. Es sind dies bloß metaphysische Wortbestimmungen. Hingegen existieren materielle Prozesse des Mechanismus des Assoziationsgedächtnisses!?

Nein, das hätte entschieden bewiesen werden sollen.

Mit meiner wärmsten Sympathie stehe ich auf Seite des Verfassers im Eliminieren der Metaphysik aus dem ganzen Gebiete der Wissenschaft. Leider aber wurde da der Autor zum Opfer eines allzu eifrigen Proselytismus, einer Vermischung der bewußten substantiellen Seele der Metaphysiker mit den Bewußtseinsfakten als einziger realer Wirklichkeit. Die erstere mit Recht entfernend, vernichtete er im Eifer auch die zweite. Als Wirklichkeit ließ er die gefolgerte objektive Welt zurück.

Und hiermit wieder ein Beweis, daß einzig und allein diese Welt Objekt der Wissenschaft sein kann.

Hiermit ein Beweis, daß in dieser objektiven Welt jedes „Forschen" nach Bewußtseinsfakten bei irgendwelchen Wesen eine Unmöglichkeit ist.

Zugleich ein Beweis, das es hierfür keine „Kriterien" geben kann.

Nun könnte man aber mit Recht einwenden, die Verirrung eines einzelnen Forschers, wenn auch von dem Rang wie J. Loeb, sei noch nicht überzeugend genug. Leicht möglich. Kaum ein Jahr, nachdem die genannten Werke erschienen, erklärten sich aber auch Bethe, Uexküll und Beer [1]) dagegen, als könnte die Forschung nach der Existenz von Bewustseinstatsachen in der Tierwelt Objekt der exakten Wissenschaft sein.

Betrachten wir aber noch andere „Kriterien" näher.

Unter den mir bekannten Autoren ist F. Lukas [2]) in dieser Hinsicht unbestritten der vorsichtigste und kritischeste. Die Einleitung zu seinem Buch ist einer der schönsten Aufsätze, die ich je gelesen. Wie wir bereits erwähnten, steht er auf dem Standpunkte: Untrügliche Kriterien könne es in besagter Frage nicht geben. Es lassen sich hingegen „Erkennungsmittel" finden,

1) Th. Beer, Al. Bethe und J. Uexküll, Vorschläge zu einer objektivierenden Nomenklatur in der Physiologie des Nervensystems, in: Biol. Ctrbl., Vol. 19, 1899. Dasselbe Ziegler und Uexküll in spätern Arbeiten.

2) Franz Lukas, Psychologie der niedersten Tiere, Wien und Leipzig 1905. Einleitung: Über die Aufgaben und Methoden der Tierpsychologie.

die „mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit“ einen Anteil des Bewußtseins in den Lebensakten des Tieres feststellen lassen.

Es gibt drei Erkennungsmittel: I. ein morphologisches — die Auffindung entsprechender, den unsrigen analog gebauter Zentralorgane; bei den untersuchten Wesen verwirft der Verfasser dieses Mittel mit Recht sowohl wegen Mangels an genügender Kenntnis des Baues unseres Gehirns und wegen der Unsicherheit in entsprechender paralleler Verbindung seiner Teile und Teilchen mit den verschiedenen psychischen Funktionen, wie auch wegen des Unvermögens, mit uns die niedersten Organismen zu vergleichen, um die es dem Autor gerade zu tun ist (Medusen, Polypen, Seesterne);

II. ein physiologisches — Durchführung einer genauen und tiefgehenden Analyse der Bewegungen der Tiere mittels einer Vergleichung mit unsern Bewegungen und den ihnen entsprechenden Parallelvorgängen in unsern psychischen Zuständen. „Aber doch müssen wir daran festhalten — sagt LUKAS bald darauf —, daß der Schluß von ähnlichen Lebenserscheinungen auf Bewußtseinserscheinungen wie bei uns, als Analogieschluß doch nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben darf, denn einerseits äußern sich psychische Zustände derselben Art in verschiedenen Bewegungen ...; andrerseits entspringen Bewegungen derselben Art aus verschiedenen psychischen Ursachen.[1]) ... Dazu kommt noch, daß nicht jeder psychische Zustand sich in einer sichtbaren Bewegung äußert (z. B. die Vorgänge des Denkens) und daß nicht einer jeden Bewegung ein psychischer Zustand entspricht. Diese letztere Tatsache mahnt zu ganz besonderer Vorsicht. Bloße äußere Beobachtung einer Bewegung läßt von vornherein eine Entscheidung darüber, ob sie auf bewußte Veranlassung erfolgt ist, gar nicht zu.“ [2])

Ganz natürlich. Eine andere Forschungsweise der Bewegungen kann es aber doch nicht geben.

Um jedoch die eben angeführte Behauptung genau und sicher festzustellen, analysiert LUKAS des weitern überaus umständlich die verschiedenartigen Bewegungen und ihr Verhältnis zu den Bewußtseinszuständen. Vortrefflich ist die Schilderung der besagten Analyse auf p. 15—16—17. Das Resultat ist traurig — als einziges Mittel

1) l. c., p. 7. Hervorhebung des Verfassers.
2) l. c., p. 8. Von mir hervorgehoben.

bleibt schließlich der Nachweis „einer individuellen Zweckmäßigkeit" in den Äußerungen des Tieres, also desselben „Erlernens" oder einer Änderung der Anpassungen infolge individueller Lebenserfahrung, wovon bereits die Rede war.

Und doch vielleicht trügt auch dieses letzte Mittel! Denn jene „individuelle Zweckmäßigkeit" kann oft nur scheinbar sein und ist es auch häufig, sie kann das Resultat unwillkürlicher, resp. „unbewußter" Bewegungen sein. — Es müßte dann wieder ein Kriterium gefunden werden zur Untersuchung, ob die betreffende individuelle Zweckmäßigkeit wirklich besteht oder nur scheinbar ist. Dies aber ist rein unmöglich, „1) da es nicht leicht ist, eine Bewegung mit Sicherheit als individuell zweckmäßig zu erkennen, und somit leicht Täuschungen unterlaufen können; 2) da der Analogieschluß von der individuellen Zweckmäßigkeit der Bewegung auf das Vorhandensein von Bewußtsein eben als Analogieschluß doch nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben kann; 3) da die individuell zweckmäßigen Bewegungen nicht die einzigen sind, die auf Bewußtsein schließen lassen, denn auch generell zweckmäßige und selbst zwecklose Bewegungen sind, wenn auch nicht selbst willkürlich, so doch Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge (nämlich der Ausdrucksbewegungen); endlich 4) weil selbst bei den ohne willkürliche Absicht ausgelösten und unbewußt ablaufenden Bewegungen gleich wie beim Menschen die Möglichkeit vorhanden ist, daß die Bewegung selbst, oder der sie auslösende Reiz nachher bewußt wird." [1])

Wir sind also gezwungen, ein anderes Erkennungsmittel zu suchen. Und nun findet der Verfasser eins, das ihn endlich befriedigt:

III. ein teleologisches, das in der Erforschung der Frage besteht, „ob und welche Bedeutung das Bewußtwerden der Reizwirkung für das Tier haben könnte?" [2])

Damit ist die Ilias des Verfassers zu Ende, und es beginnt — leider — die Odyssee, ein Umherirren in unbegründeten Schlüssen und Widersprüchen, das von da an im ganzen Buch fortdauert, sich mit jedem neuen Kapitel, das einen sich stets wiederholenden Paragraphen enthält „Wert des Bewußtseins für das Tier" steigert, um endlich zum Schluß in einer verallgemeinernden Zusammenfassung seinen Höhepunkt zu erreichen.

1) l. c., p. 17.
2) p. 19.

Überflüssig und ermüdend wäre es, dem Autor Schritt für Schritt zu folgen. Die Hervorhebung einiger Punkte von größerer Bedeutung wird genügen.

Vor allem das teleologische Prinzip selbst. Bereits hier findet nämlich, gleich am Anfang der Beweisführung, eine Vermischung zweier ganz verschiedenartiger Dinge statt. Einerseits die Teleologie des untersuchten Organismus: Die Notwendigkeit des Auftretens von Bewußtsein in der Entwicklungsreihe, sobald die physiologischen Funktionen selbst zum Fortbestehen des Organismus im Kampf ums Dasein nicht mehr ausreichen. Andrerseits die Teleologie der Forschung: das ökonomische Prinzip der Naturwissenschaft, „sich überall möglichst einfacher Erklärungsgründe zu bedienen“ [1]); ist das Hinzulassen von Bewußtsein ein solches, dann müsse man dies auch tun (nach LUKAS).

Die beiden genannten Notwendigkeiten — wie wir sehen, von ganz verschiedenartiger Natur, da die eine die objektiven Geschehnisse der objektiven Welt, die andere ihre Erklärung mittels Einführung eines irrationalen Begriffs betrifft — diese beiden Notwendigkeiten sind in den Erörterungen und Beweisführungen von LUKAS derart miteinander verwickelt, daß sie am Ende zu einer gleichsam nur verschiedenen Ausdrucksbestimmung einer und derselben Tatsache werden. Dies eben wird dem Verfasser zu einem verderblichen Hindernis in der Wahrnehmung seines eignen Fehlers.

Erwägen wir beide.

Zur Charakteristik der erstern genügt folgender Satz: „Das Eintreten des Bewußtseins in die Reihe der Lebenserscheinungen darf uns nicht als ein unverständliches Wunder, sondern muß als etwas Natürliches, leicht Begreifliches erscheinen, und das ist der Fall, wenn das Bewußtsein von allem Anfange an, schon bei seinem ersten Auftreten eine bestimmte Aufgabe im Dienste des Gesamtorganismus zu erfüllen hat, wie jede andere Lebenserscheinung.“ [2])

Also das DARWIN'sche Prinzip ganz einfach in das Gebiet des Seelenlebens, der bewußten Äußerungen übertragen.

Es ist dies keineswegs ein origineller Einfall von LUKAS. Fast wörtlich finden wir es in den Arbeiten von LLOYD MORGAN, so z. B. in dem oben bereits angeführten 12. Kap. des Buches „Habit and Instinct“. „Der Sinn eines ursprünglichen Bewußt-

1) l. c., p. 18.
2) ibid.

seins — heißt es dort bei Morgan — besteht darin, dem Organismus eine vorteilhaftere Anpassung an die Umgebung zu ermöglichen, als dies unter organischen Bedingungen allein geschehen würde. Jeder Schritt der Anfangsentwicklung des Bewußtseins ist durch den schmalen Rahmen völliger Abhängigkeit von jenem Zweck genau und eng begrenzt. Die Seele vermag sich nur dann zu entwickeln, wenn sie zur organischen Entwicklung verhilft" etc. Dasselbe finden wir bei J. Kodis[1]) als das sog. „biologische Gesetz oder Prinzip".

Ich meinerseits bin ein entschiedener Gegner jenes direkten Übertragens biologischer Theorien in andere Gebiete des Wissens, besonders von so verschiedener Beschaffenheit wie die erkenntnistheoretischen Forschungen von Kodis über das Wesen „der objektiven Wahrheit". Insbesondere protestiere ich gegen das heutzutage so moderne Transponieren der Darwin'schen natürlichen Zuchtwahl als Entwicklungsfaktor auf die Gebiete der Soziologie, Psychologie und Erkenntnistheorie, und zwar nicht nur aus dem Grunde, weil der genannte Faktor infolge der Hiebe der modernen Biologie (insbesondere der vergl. Physiologie und der Entwicklungsmechanik) auf seinem ureignen Gebiete immer mehr von seinem vermeintlich „allmächtigen" Werte einbüßt, sondern auch, und zwar hauptsächlich, deshalb, weil er auf jenen andern Gebieten keine Anwendung finden kann. Das beweist überzeugend genug die Geschichte der Soziologie wie auch diejenige der langwierigen und fruchtlosen Kämpfe des sozialistischen Darwinismus mit demjenigen der Bourgeoisie.

Nehmen wir aber dennoch an, daß wir auf die oben angeführten Beweisführungen von Morgan und Lukas eingehen.

Verwenden wir sie nun auf die konkrete Sache. Handelt es sich doch um das Vermögen, bei einem gegebenen Organismus, z. B. *Hydra,* das bei Vorhandensein „tätiger" Bewußtseinszustände beweisen zu können.

Die letztern treten einzig und allein dort auf, wo sie im Kampf ums Dasein unentbehrlich sind.

Wieso aber erfahre ich, daß sie bei *Hydra* unentbehrlich sind? Ob die Art *Hydra* ohne sie nicht existieren könnte?

1) J. Kodis, Irracjonalność pojęć jako źródło metafizyki. Irrationalität der Begriffe als Quelle der Metaphysik, in: „Przegląd filozof." (Phil. Revue), Jg. 9, Heft 4, Warschau 1906, p. 379—382—383 etc. — Auch in andern Arbeiten.

Handelt es sich um irgendein organisches, objektiv greifbares Merkmal, um irgendein Organ, z. B. die Fühler, dann heißt es bei DARWIN, sie seien nützlich, weil sie existieren. Wären sie nicht nützlich, unentbehrlich, so würden sie sich im Kampf ums Dasein nicht behaupten können, sie müßten verschwinden. Zugegeben. Hier aber ist es uns um die „innern Zustände" der *Hydra* zu tun, die für den Forscher objektiv, greifbar nicht vorhanden sind. Es handelt sich ja eben darum, ihr Vorhandensein „nachzuweisen". Wie soll ich nun hier das biologische Zweckmäßigkeitsprinzip von DARWIN anwenden? Es wäre natürlich ganz unmöglich. — Und dennoch bringt es LUKAS zustande. . . .

Gewisse eigenartige Bewegungen der *Hydra* — nämlich ein plötzliches Losreißen von der Unterlage, an der sie haftete und Übersiedeln mittels der als Beine gebrauchten Fühler auf einen andern Ort — ist LUKAS nicht imstande zu erklären, und zwar weder auf dem Wege der Erforschung von äußern Reizen, noch durch Annahme innerer, durch physiologische Prozesse bedingter Anregungen. Es ist nun notwendig und jedenfalls viel einfacher, einen tätigen Einfluß von Seelenprozessen anzunehmen.

Ach so?

Also wurde die biologische Notwendigkeit von der erkenntnistheoretischen Notwendigkeit des Beobachters verdrängt? Die letztere allein entscheidet also?

Dann müssen wir sie einer tiefern Prüfung unterziehen. Das ökonomische Erkenntnisprinzip ist unbestritten berechtigt. Es soll unbedingt immer nach „möglichst einfachen Erklärungsgründen" gesucht werden.

Nur muß leider ein solcher Erklärungsgrund möglich, zulässig sein und die Fähigkeit besitzen, wirklich etwas zu erklären. Hier aber ist das eben nicht der Fall, denn die Bewußtseinszustände besitzen als Tatsachen der unmittelbaren Wirklichkeit diese Fähigkeit nicht und können unmöglich zur Erklärung von Geschehnissen der objektiven Welt angewendet werden. Das haben wir klar genug bewiesen. Wir aber suchen doch nach einer Erklärung der objektiven Bewegungen der *Hydra*. —

Hiermit also ist das teleologische Prinzip in seinen beiden Abarten (der biologischen und als Erkennungsmittel) für die von uns behandelte Frage absolut unbrauchbar. Schlimmer noch — es ist unanwendbar.

Nehmen wir aber auch das noch an.

Gehen wir für eine Weile mit Lukas auf die Notwendigkeit ein, die Bewegungen der *Hydra* mittels bewußter oder seelischer Erscheinungen zu erklären.

Nehmen wir an, wir hätten ein Mittel gefunden zu beweisen, das Auftreten der erwähnten Äußerungen sei bei *Hydra* eine biologische Notwendigkeit. Wieso vermag dann ein psychischer Vorgang die Bewegungen zu beeinflussen?

Äußere und innere physiologische Reize genügten nach dem Verf. nicht, um die *Hydra* zur Ausführung jener erwähnten eigenartigen Bewegungen zu veranlassen. Wieso wird dies nun der auftretende seelische Vorgang zustande bringen?

Tritt er als Verbindungsglied von seiten einer physiologischen Reihe ein, die ohne ihn einander nicht erreichen können? Nein, denn „die Reihe der physiologischen Vorgänge ist vollständig, lückenlos". . . . Also wie? Spontan erschienen, löst er auf eine ebensolche Weise eine physische Bewegung aus?

Nein, denn der Verf. steht überall auf dem Standpunkte des psychophysischen Parallelismus und spricht stets von einem primären Bewußtsein als „Begleiterscheinung".[1]) Alsdann wie? Sollte noch eine dritte Möglichkeit vorhanden sein?

In einem Nu wird sie vom Verf. geschaffen: „Die Reihe der physiologischen Vorgänge ist eine vollständige, lückenlose, aber ein Glied dieser Reihe oder ein durch mehrere Glieder dieser Reihe bedingter, schon vorhandener physiologischer Zustand wird durch das Hinzutreten von Bewußtsein verstärkt . . . und löst nun . . . eine Bewegung aus, die ohne Bewußtsein nicht erfolgt wäre."[2]) Vor einem Augenblick erst sagte ja der Verf., die Tatsache „Bewußtsein" sei lediglich „eine Begleiterscheinung der Nerventätigkeit". Wie kann es also jene Tätigkeit fördern? Lautet doch das elementare Grundgesetz des Parallelismus, auf dessen Standpunkt der Verfasser steht: „Die beiden Reihenglieder der Relation — Bewußtseinszustand und sein physiologisches Korrelat — stehen zueinander in keiner kausalen Beziehung; das Auftreten des physiologischen Parallelvorgangs ist durch die physikalisch-chemischen Erscheinungen, die ihm vorangingen, vollständig determiniert, und wird wieder zur Ursache anderer physikalisch-chemischer Erscheinungen, die auf die

1) p. 261—262.
2) p. 129.

vorangehenden als ihr energetisches Äquivalent folgen. Der Bewußtseinszustand vermag diese mechanischen Umgestaltungen nicht im geringsten zu beeinflussen; das, was sich aus der Wirkung der äußern Reize auf den Organismus ergibt, ist bloß sein physiologisches Korrelat; dasjenige, das die Reaktionen des Organismus beeinflußt, ist ebenfalls nur sein physiologisches Korrelat.... Er selbst hingegen, als subjektives Bild dieses physiologischen Vorgangs, ist eine aus dem Lebensmechanismus vollständig ausgeschlossene Tatsache, die bloß eine Begleiterscheinung des letztern ist, ohne an ihm welchen Anteil nehmen zu können." [1])

Wie wäre also jenes Verstärken des physiologischen Zustandes zu verstehen? Nicht genug daran. Warum die Wirkung des Bewußtseins auf eine so kleine Rolle beschränken? „So wird dadurch nicht nur die Wirkung des für sich allein so schwachen Reizes verstärkt, sondern auch in die Bewegung mehr Ordnung gebracht, indem sie nämlich gerade dann ausgelöst wird, wenn sie für den Organismus von Vorteil ist." [2])

Nicht wahr — wie natürlich das ist? Und das soll jener „möglichst einfache Erklärungsgrund" sein!

Der nach Bedürfnis auftretende Bewußtseinsvorgang unterbricht die Reihe der physiologischen Vorgänge nicht, tritt nicht in letztere als ein eigenartiges Glied ein, nichtsdestoweniger aber verstärkt er, ordnet und leitet ihm ganz fremde und ungleichartige Prozesse, die er ja nur begleitet. Woher und wie er erscheint, wieso er verstärkt, auf welchem Wege er leitet? danach frage man nicht.

Er soll erscheinen, verstärken und leiten, sonst wären wir nicht imstande, gewisse Äußerungen zu verstehen. Dies der ganze und einzige — schon keineswegs biologische Grund. Eine Weile nachher vergessen wir aber, daß dies unbegründete, willkürliche Voraussetzungen sind, und nachdem wir im fetten Druck hingesetzt haben: „Dann also hätten wir hier die ersten Spuren psychischen Lebens gefunden" [3]), vertiefen wir uns in lange Beweisführungen, welche jene „gefundenen" Erstlinge des Seelenlebens der *Hydra* wären?

---

1) Edward Abramowski, Seele und Leib, l. c., p. 19. Dasselbe s. E. Claparède und andere Parallelisten.

2) p. 263, Lukas.

3) p. 129. Hervorgehoben von Lukas.

Es gibt unter ihnen weder „Empfindung“ noch „Gefühl“, einzig und allein „ein Begehren“, das in dieser ursprünglichen Gestalt nichts anderes als „bewußtgewordener Bewegungsantrieb“ ist.

Von dem empirischen Wert der Beweisführung zeuge folgender Satz:

„Dieses Ergebnis unserer Untersuchung wird auch dann richtig bleiben, wenn es sich herausstellen sollte, daß nicht bei den Hydroidpolypen, sondern schon auf einer frühern oder erst auf einer spätern Stufe des tierischen Lebens das Bewußtsein zum erstenmal auftritt; wo immer es das erstemal erscheint, hat es nur in der Form eines bewußten Bewegungsantriebs Wert für den Organismus. Die Empfindung allein und das Gefühl allein ist für die Erhaltung des Organismus bedeutungslos.“ [1])

Sonderbar ist diese absolute Sicherheit der Schlüsse in einer empirischen Wissenschaft, zu der ja nach dem Verfasser auch die Zoopsychologie zählen darf. Wo sind denn jene bescheidenen Bekenntnisse vom Anfang des Buches hin: „Untrügliche Erkennungszeichen“, „Kriterien des Psychischen in Tieren gebe es nicht“, „wir müßten uns mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit begnügen“ etc.? [2])

Absolute Untrüglichkeit eines aus der Luft gegriffenen Schlusses. So ist es nämlich und nicht anders, wenn der Verfasser selbst vermutet, es sei möglich, die *Hydra* habe noch keine bewußten Äußerungen, es werde sich vielleicht herausstellen, daß dieselben etwas später in der Entwicklung der Organismen auftreten. Wenn dem so ist, was alsdann mit jener biologischen Notwendigkeit, die doch — nach dem Verfasser — die *Hydra* zwang, sich unter Drohung des Vergehens im Kampfe ums Dasein jene Bewußtseinszustände zu erwerben?

Es ist also doch möglich, daß bei *Hydra* diese Notwendigkeit gar nicht eingetreten wäre?

Und wieder zeigt es sich, daß nicht die Teleologie des Lebens von *Hydra*, sondern die vermeintliche Notwendigkeit der Forschung hier jenes „primäre Begehren“ in erster Instanz der Bewußtseinsäußerungen der Lebewesen geschaffen hatte.

---

1) p. 262. Hervorgehoben von LUKAS.
2) p. 5.

So rächt es sich, wenn man gleich am Anfang die Grundprinzipien der Erkenntnis außer acht läßt.

Umsonst gerät man immer tiefer in Widersprüche, umsonst werden Berge von immer weniger begründeten Voraussetzungen aufgehäuft. Ein auf Eis fundiertes Gebäude muß einstürzen, sobald auf dasselbe ein Strahl der Wirklichkeitssonne fällt.

So ist es eben stets und immer um den Bau „der Evolution des bewußten Lebens" bestellt.

Loeb sah sich gezwungen, die Frösche und Fische in zwei Gruppen einzuteilen: in solche, denen Bewußtsein zukommt, und die eines solchen entbehren. Lukas tut dasselbe mit Cölenteraten, aber auf eine noch sonderbarere Weise: die niedern, Polypen, einschließlich *Hydra*, besäßen ein Seelenleben, die höher organisierten Medusen haben keines.

Weshalb? — höre ich verwundert fragen.

Bilden sich doch ein großer Teil der Medusen als Knospen an Polypenkolonien, von denen sie sich später ablösen, um frei in der Wellen Schoß zu leben.

Aber was schadet es, wenn es uns erlaubt sein soll anzunehmen, daß „das psychische Geschehen keine kontinuierliche, sondern eine intermittierende Reihe bilde"?[1])

Die menschliche Findigkeit findet immer eine beruhigende Ausflucht.

Wie steht es aber mit jener „Nicht-Kontinuierlichkeit" auf praktischem Gebiete? Müßte man doch, logisch schließend, jede Art, vielleicht sogar ein jedes Individuum, besonders untersuchen: ist dort Bewußtsein vorhanden oder nicht? Eine wahre Sisyphusarbeit.

So gibt es z. B. Medusen, wie *Eleutheria* (*Clavatella*) oder *Gonionema*, die imstande sind, ihre pelagische Lebensweise aufzugeben und herumzukriechen, ja selbst mittels der mit Saugknöpfen versehenen veränderten Fühler sich für längere Zeit anzuheften. Lukas übergeht das vollständig; auch nimmt er ganz und gar keine Rücksicht auf die schönen Arbeiten von Robert Yerkes über die Bewegungen der *Gonionema* und über die Abhängigkeit jener Bewegungen vom Nervensystem und den Sinnesorganen.[2]) Es ist das

1) p. 264.

1) Robert M. Yerkes, A contribution to the physiology of the nervous system of the medusa Gonionema Murbachii. Part 1. The sensory reactions. Part 2. The physiology of the central nerv. syst., in: Amer. Journ. Physiol., Vol. 6—7, 1902.

um so mehr zu bedauern, als dort u. a. auch von jenen ganz eigenartigen Erscheinungen des spontanen Anheftens an die Unterlage und der gleichfalls spontanen Loslösung und Rückkehr zum freien Leben von *Gonionema* die Rede ist.

Nach Lukas wäre daraus zu schließen, die genannte Meduse besitze ein zum mindesten so hoch entwickeltes Seelenleben wie die *Hydra* — wenn nicht ein noch höheres. Und dann müßte man ferner auch die Medusen in solche einteilen, die ein Bewußtsein haben (manche nur und zwar unter den tiefer stehenden), und solche, die keines haben. Welch wachsender Wirrwarr!

Andrerseits wieder — hat denn der Verfasser bei den tiefer als die Hydroidpolypen stehenden Wesen nie und nirgends solche Lebensäußerungen angetroffen, welche die Wissenschaft heutzutage durch Zurückführung auf Reizwirkung nicht von Grund aus zu erklären vermag? Kennt er nicht die vortrefflichen Arbeiten von Herbert Jennings über Protozoen — wenn auch nur die beiden folgenden Kapitel: „Physiological states as determining factors in the behavior of lower organisms" und „The method of trial and error in the behavior of lower organisms"? [1])

Auch diese Arbeiten finden bei Lukas keine Berücksichtigung, wie auch die interessanten Versuche von S. O. Mast, welcher mittels thermischer Reize, insbesondere durch Erhöhung der Temperatur, die *Hydra* zu Ortwechsel zwingt. „The second reaction — sagt Mast (d. i. das Losreißen von der Unterlage) — is given only in response to stimulus due to increase in temperature" [2]), obgleich auch Mast keine Möglichkeit sieht, diese thermischen Reaktionen auf die unmittelbare Wirkung des Reizes bei *Hydra* auf Bewegungsmechanismen zu beziehen, sondern vielmehr auf die durch den Reiz hervorgerufene Änderung des allgemeinen physiologischen Zustandes des Organismus. Interessant ist es, daß eben hier, wo nach Lukas der „ordnende" Bewußtseinszustand auftritt, „the reactions are not directly protective . . . Hydras are as likely to move toward the source of stimulation as away from it". — All dies untergräbt in überaus hohem Maße jenes ausschließliche Recht der

1) Herbert S. Jennings, Contributions to the study of the behavior of lower organisms, in: Carnegie Instit. Publicat., 1904.

2) S. O. Mast, Reactions to temperature changes in Spirillum, Hydra and fresh-water Planarians, in: Americ. Journ. Physiol., Vol. 10. No. 4, 1903, p. 189.

Hydra und der Hydroidpolypen an die biologische Notwendigkeit, sich Bewußtseinszustände anzueignen.

Mit Recht verwahrt sich LUKAS, es sei möglich, daß jene Zustände mit der Zeit festgestellt werden — „schon auf einer frühern oder erst auf einer spätern Stufe des tierischen Lebens".[1])

Der Verfasser täuscht sich hingegen und sucht umsonst sich selbst und uns einzureden, daß auch dann die Ergebnisse seiner Untersuchungen über das Wesen „des Primärbewußtseins" gelten würden.

Ihm ist es wohl gestattet, daran zu glauben, wenn er will und kann, für uns aber und für die Wissenschaft ist weder eine Notwendigkeit noch Möglichkeit eines solchen Glaubens vorhanden.

Obschon wir also der Reihe nach alle willkürliche Voraussetzungen und Schlüsse von LUKAS angenommen, waren wir doch nicht imstande, gleich ihm gewisse positive, wenn nur im geringsten zufriedenstellende Resultate zu erreichen. Hingegen stießen wir auf Schritt und Tritt auf eine Menge von Widersprüchen, die zu übersteigen wir bei Aufgebot aller Kräfte nicht imstande wären.

Uns war dies von Anfang an klar, da das Ziel der Wanderung unerreichbar ist. Bewußtseinstatsachen außerhalb meines Bewußtseins, außerhalb der unmittelbaren Wirklichkeit, irgendwo in Wesen der objektiven Welt suchen — ist eine traurige contradictio in adjecto.

Der Streit über die Lokalisierung jenes Bewußtseins in der Entwicklungsreihe, über „Kriterien des Bewußtseins" u. dgl. ist zwecklos und scholastisch, jenem Streite analog, in welcher Himmelssphäre die einen himmlischen Mächte (z. B. die Erzengel), in welcher die andern (Engel usw.) verweilen. Es ist das eine von jenen, Zeit und schaffende Kräfte nutzlos raubenden Streitigkeiten, von denen W. OSTWALD am Schlusse des vierten seiner Vorträge über die „Philosophie der Natur" mit Recht sagt, an ihrer Entscheidung in dieser oder jener Richtung sei der Wissenschaft absolut gar nichts gelegen.

Aus dem oben Gesagten ergibt es sich klar, daß die Einführung in die Definition des Tierinstinkts solcher Bestimmungen, wie „psychische Fähigkeit", „niederes

1) LUKAS, p. 262.

Seelenleben", „eine ihrer Natur nach unbewußte Tätigkeit" u. a. unzulässig ist, als etwas, das die Voraussetzung enthält, es gäbe eine Möglichkeit, eine Bewußtseinsbeteiligung an andern, höhern tierischen Äußerungen festzustellen.

Wenn — wie wir es ja gesehen — eine solche Feststellung für immer unerreichbar ist, dann hätte es keinen Sinn zu definieren, der Instinkt sei eine unbewußte Tätigkeit der Tiere. Man würde damit in die Begriffsbestimmung des Instinkts mehr hineinlegen, als sich aus der empirischen Forschung und den wissenschaftlichen Schlüssen ergeben kann. Es wäre das — mit Avenarius zu reden — eine Art von Introjektion, unbegründet und vollständig zwecklos.

Wladimir Wagner erlaubt sich zwar (s. a. Anfang dieses Kapitels) zu schließen, es hätten „die von ihm gelieferten Ergebnisse die faktische Unbewußtheit der Instinktäußerungen bewiesen"; um jedoch zu diesem Schluß zu gelangen, setzt er als These[1]) voraus, daß nach Entfernung des Gehirns (bzw. des Kopfes) die höhern Tiere um alle Bewußtseinszustände völlig gebracht werden, und da die von ihm operierten Wirbellosen von allerlei Gruppen und Typen sich ganz so wie die normalen resp. wie die Wirbeltiere nach Entfernung der Hirnhemisphären verhalten, daher — oben angeführter unberechtigter Schluß.

Würden wir auch mit Wagner annehmen, das Bewußtsein der Wirbeltiere sei uns bekannt, daß wir auch seine ausschließlich auf das Vorderhirn (Großhirn) beschränkte anatomische Lokalisierung kennen, auch dann noch blieben zwei beträchtliche Hindernisse im Wege zur Annahme jenes Schlusses über „die Unbewußtheit des Instinkts de facto":

1. ist es im gegenwärtigen Stadium der vergleichenden Anatomie absolut unmöglich, die Nervenzentren niederer Tiere mit irgendwelchen Teilen des Zentralsystems der Wirbeltiere zu homologisieren;

2. beweisen die aus Wagner's Wahrnehmungen selbst sich ergebenden Tatsachen klar und deutlich, daß die dekapitierten Tiere die Fähigkeit besitzen zu erlernen, aus eigner Erfahrung Nutzen zu ziehen (*Blatta germanica*, *Geophilus longicornis* . . .).[2])

---

1) Wl. Wagner, Probleme der Zoopsychologie (russisch), p. 89, Petersburg 1896.

2) p. 99—103, 112 etc.

Könnte man daraus irgendwelche Schlüsse betreffs der bewußten Äußerungen folgern und hätten die Kriterien von Romanes. Loeb, Bethe etc. irgendwelchen wirklichen Wert, dann müßte man bei jenen Wesen vielmehr das Vorhandensein von Bewußtseinszuständen nach Entfernung eines großen Teiles der Ganglien annehmen.

Wagner ist sich dessen bewußt und sagt in einem der folgenden Kapitel, wenn auch bei den Wirbellosen Bewußtsein in vollem Sinne nicht vorhanden sei, so gebe es doch dort schon „einen Rohstoff für Bewußtsein[1]), der in der Tätigkeit der „indifferenten Ganglienzellen“ besteht; dem letztern widmet der Verfasser mehrere Seiten seiner Schrift. Was dies bedeuten soll, wie es zu verstehen ist — das ergründe man selbst.

Wer hat je — wenigstens bei den niedern Tieren — jene „indifferenten“ Nervenzellen von andern gewöhnlichen unterschieden?

Welcher Weg von da aus zur „faktischen Unbewußtheit des Instinkts“, die der Verfasser mit Versuchen an dekapitierten Tieren zu beweisen hatte?

Und das eine wird dadurch bewiesen, daß das Problem von Bewußtheit oder Nicht-Bewußtheit gewisser Tierwesen oder gewisser ihrer Tätigkeiten jeder wissenschaftlichen Untersuchung sich entzieht. Sprechen kann man ausschließlich von Lebenshandlungen selbst, von Bewegungsakten, vom „Verhalten (Betragen) des Tieres“ (Animal behavior), nicht aber von seinen vermuteten psychischen Zuständen.

Die Definition des Instinkts muß sich derjenigen von Herbert Spencer nähern: Instinkt ist ein zusammengesetzter Reflex. Nun kann sie sich aber etwas komplizierter gestalten: — nicht ein zusammengesetzter Reflex, sondern eine Reihe organisch so miteinander verbundener Reflexe, daß die Hervorrufung eines derselben mit unwiderstehlicher Macht die Auslösung der darauffolgenden verursacht, soweit von außen oder vom Innern des Organismus kein Hindernis besteht, soweit die Gesamtheit der Bedingungen sich in normalem Zustande befindet.

Die Untersuchung über einen Instinkt wird demnach bestehen in einer möglichst exakten Analyse gegenseitiger Abhängigkeit jener Reflexe voneinander und ihrer Bedingtheit — jedes besondern

1) p. 243 u. vor.

und aller zusammen — durch die innern (anatomisch-physiologischen) Verhältnisse und die der äußern Umgebung.

Eine solche ausschließlich objektive wird im nächstfolgenden Kapitel vorliegender Arbeit die Analyse des Maskierungsinstinkts der Brachyura oxyrrhyncha sein.

Natürlich wird diese objektive Untersuchung, um möglichst vollständig zu sein, darin bestehen, daß sie von beiden Abarten der objektiven Methode, sowohl von der vergleichend-biologischen wie auch von der experimentell-physiologischen, Gebrauch machen wird, welch beide übrigens miteinander gewöhnlich so eng zusammenhängen, daß es schwer wäre, sie in praktischer Anwendung vollständig voneinander zu trennen.

Ist aber auf dem Gebiete einer derart objektiv aufgefaßten Forschung bis jetzt keine eingehendere Definition des Instinkts gegeben worden als jene konzise von Spencer?

Allerdings. Es sind zwei einander ergänzende vorhanden.

Die eine ist von Lloyd Morgan: „Instincts are congenital, adaptive, and coordinated activities of relative complexity, and involving the behavior of the organism as a whole. They are similary performed by all like members of the same more or less restricted group, under circumstances which are either of frequent recurrence or are vitally essential to the continuance of the race. They are to be distinguished from habits which owe their definiteness to individual acquisition and the repetition of individual performance.“ [1])

Die zweite von H. E. Ziegler lautet: „Unter Instincten sind ererbte Fähigkeiten zu verstehen, welche auf der körperlichen Organisation, insbesondere auf ererbten Bahnen des Nervensystems, beruhen“ [2]), „während das Gedächtnis und die Verstandstätigkeit mit der Bildung erworbener Bahnen zusammenhängen“. [3])

1) Lloyd Morgan, Habit and Instinct, p. 27.

2) H. E. Ziegler, Der Begriff des Instinktes einst und jetzt, in: Zool. Jahrb., Suppl. 7, 1907, p. 726.

3) Ibid., p. 721.

Auf vorangehenden Seiten seines Buches werden von Ziegler objektive Merkmale des Instinkts festgestellt, die sich in nichts von denen bei Wagner, Morgan u. A. unterscheiden. Sie bestehen darin, daß 1. der Verlauf gewisser Tätigkeiten bei allen Individuen derselben Art gleich ist, und daß 2. zu ihrer Ausübung das Tier weder lernen noch sie wiederholen muß, da sie von demselben fertig mitsamt der Organisation ererbt werden.

Die Allgemeinheit dieser beiden Merkmale wurde jedoch schon von Wasmann[1]) bezweifelt.

Auch Ziegler bemerkt: „Bei den weniger vollkommenen Instinkten muß allerdings noch einige Einübung hinzukommen, und bei den unvollkommenen Instinkten (Trieben) hängt die Ausführung der Handlung in erheblichem Maße von der Erfahrung, Übung und Gewohnheit ab.“ Schon dies allein würde ausreichen, um die Unmöglichkeit einer genauen Abgrenzung der Handlungen des Instinkts von den erworbenen Gewohnheiten zu beweisen — trotz allem, was sich aus dem oben angeführten Satze von Morgan ergeben zu haben scheint. — Die Untersuchungen über den Maskierungsinstinkt werden uns in dieser Überzeugung bestärken.

Es beweist dies zugleich die Überflüssigkeit der Einführung der Behauptung von „ererbten“ Handlungen und von den sie bedingenden „cleronomen“ Nervenbahnen in die Definition des Instinkts. Wir besitzen aber dafür bessere Beweise.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die Bienen die Fähigkeit besitzen, in Fällen des Todes ihrer Königin sich aus den jungen Larven der Arbeiterinnen eine neue Königin zu züchten — und zwar durch Anwendung einer reichlichen, königlichen Kost selbst bei Larven, die bis jetzt kleinere und minder gute Proletarierportionen zu erhalten pflegten.

Und doch sind die Instinkte der Königin, die einzig und allein das Leben einer Zeugungsmaschine fristet, völlig verschieden von der Lebensführung der geschlechtlich unreifen Arbeitsbiene, die Nahrungsvorräte sammelt, Larven pflegt, Wachszellen zu bauen und den Weg zum Mutterkorb zu finden versteht.

Auf welche Weise könnten sich sekundär statt jener so verschiedengeartete Instinkte entwickeln, wenn sie zugleich mit den

1) Erich Wasmann, Instinkt und Intelligenz im Tierreich, p. 27—28 (1905).

Nervenbahnen (also schon im Ei) vorausbestimmt wären? Und doch ist diese sekundäre oder Ersatzentwicklung eine festgestellte Tatsache. Übrigens nicht nur bei den Bienen.

Mehrere Jahre vorher hat Battista Grassi eine ähnliche, von Tieren künstlich hervorgerufene Umgestaltung der Instinktformen in den Kolonien von *Termes lucifugus* und *Calotermes flavicollis* beobachtet. Es gelang ihm sogar experimentell die Bedingungen zu schaffen, die die Zucht der „Ersatzkönigspaare" [1]) verursachen.

Sollte man angesichts dessen Aussagen über „erbliche" Handlungen in der Definition des Instinkts nicht eher meiden?

Was aber die Ziegler'schen „cleronomen" Nervenbahnen als materielle Grundlage des Instinkts, die „enbiontischen" hingegen als solche des Gedächtnisses und Denkens betrifft, müßte man zunächst den Verfasser ersuchen, bei einem niedern Tiere wenigstens das wirkliche Vorhandensein dieser zwei Kategorien von Nervenbahnen nachzuweisen. Leider hat das die Wissenschaft bis heute noch nicht erreicht.

Es sagt zwar Ziegler in einem andern, früher erschienenen Aufsatz [2]): „— auch lassen sich die enbiontischen Bahnen von den kleronomen leicht dadurch unterscheiden, daß die erstern bei den einzelnen Individuen der Species nicht übereinstimmend, sondern nach der bisherigen Lebensweise und Erfahrung des Individuums verschiedenartig ausgebildet sind", — es ist dies aber bloß eine apriorische Voraussetzung, bisher, wie erwähnt, durch keine einzige morphologische Tatsache begründet.

Wir wissen bis jetzt nicht einmal, worin eigentlich die Leitung des Reizes im Nervensystem besteht.

Wohl ist es Ziegler erlaubt anzunehmen, es seien dies spezielle „fibrilläre" Bahnen, wiewohl die Neurologen noch weit davon entfernt sind, darüber einig zu werden, ob die „Nervenfibrillen" oder — nach der Schule von Ramon y Cajal [3]) — eine „perifibrilläre Substanz" der Nervenzellen und -fasern den Reiz leite; — es ist ihm auch erlaubt, Schemen der Entstehung jener hypothetischen enbiontischen Bahnen zu konstruieren. [4]) Die Einführung jener Kon-

1) B. Grassi, Ersatzpaare bei den Termiten, in: Zool. Anz., Jg. 11 (1888) wie auch Jg. 12 (1889).

2) H. E. Ziegler, Theoretisches zur Thierpsychologie und vergleichenden Neurophysiologie, in: Biol. Ctrbl., Vol. 20, No. 1 (1900), p. 8.

3) Zum Teil auch nach Schiefferdecker.

4) Ibid., folgende Seiten.

zeption in „objektive" Definitionen ist hingegen mindestens voreilig. Übrigens ist das auch ganz überflüssig, da es weder eine praktische Bedeutung besitzen noch als Erkennungsmittel gebraucht werden noch etwas erklären kann. Es ergibt sich das auch bei Ziegler nicht als Folge von praktischen Bedürfnissen der Wissenschaft, sondern ausschließlich[1]) als ein unentbehrliches Postulat der Weismann'schen Metamorphologie über die erblichen „Keimanlagen", die in ihren „Determinanten", „Iden" und ähnlichen Gebilden alles vorausbestimmen.

Meiner Meinung nach ist eine allzu morphologische Behandlung und Vereinfachung derart zusammengesetzter Probleme wie der Entstehung von Gewohnheiten, Gedächtnis u. dgl. eher schädlich als nützlich, was auch Loeb in seiner „Einleitung in die Psychologie" wiederholt hervorhebt.

Entfernen wir nun — und dazu sind wir gezwungen — aus den Definitionen von Ziegler und Morgan die Behauptungen über erblichen Charakter und den bei allen Individuen derselben Species schablonenhaften Verlauf instinktiver Handlungen, dann werden jene Definitionen nicht über den Inhalt der von uns oben umgeänderten Definition von Spencer hinausgreifen, welch letztere auch den Vorzug besitzt, sehr bündig und vollkommen klar zu sein.

II. Experimenteller Teil.

Analyse des Maskierungsinstinkts der Brachyura oxyrrhyncha.

> „Toutefois il se peut faire, que je me trompe . . . Mais je serai bien aise de faire voir en ce discours quels sont les chemins que j'ai suivis . . . afin que chacun en puisse juger, et qu'apprenant du bruit commun les opinions qu'on en aura, ce soit un nouveau moyen de m'instruire que j'ajouterai à ceux dont j'ai coutume de me servir."
>
> Descartes, Discours de la méthode.

Es lebt an den Meeresküsten bei verschiedener Beschaffenheit des Grundes und in allerlei Tiefen, beinahe von der Wasserlinie an,

1) Ibid., p. 6 — in allen sonstigen Arbeiten Ziegler's („Der Begriff etc.").

eine weit verbreitete und ziemlich umfangreiche, mindestens 70 Arten zählende Gruppe von Krabben mit einem eigenartigen und ungemein hoch entwickelten Instinkt aktiver Maskierung, durch Nachahmung der Umgebung in der Weise, daß sie ihren Körper mit angehefteten Teilchen der sie umgebenden Gegenstände bekleiden.

Zu recht typischen Vertretern dieser Gruppe gehören: *Hyas* (in nordischen Meeren), *Maja*, *Pisa*, *Stenorhynchus*, *Inachus* u. a. Es sind dies jene gewöhnlichen, allgemein bekannten Tiere, die die Küstenbewohner hauptsächlich wegen der acht länglichen und meistens sehr dünnen Gehfüße Seespinnen zu nennen pflegen.

Das Anheften von fremden Objekten der Umgebung an den Körper ist natürlich durch eine besondere Anpassung der Organisation vermittelt, die allein dieser Gruppe eigen ist. Diese Anpassung besteht einerseits in der wenigstens teilweisen Umgestaltung der Rückenhärchen zu Haken, die an der Innenseite gewöhnlich scharf gezackt sind, so daß ein Stück Meergras ebenso schwer herunterfällt, wie ein Fisch dem Haken der Angel entgleitet. Andrerseits besteht die Anpassung in einer derartigen Lagebeziehung der Gelenkachsen der Greiffüße zueinander und in einer solchen Veränderung der Gelenkflächen bzw. des Bewegungsbogens, daß es in dieser Krebsgruppe (und zwar einzig und allein in dieser) möglich wird, den Fuß weithin über den Rücken bis gegen die Mittellinie zu führen und jene bei verschiedenen Gattungen und Arten zu verschiedenartigen Büscheln und Reihen [1]) gruppierten Haken mit der Schere zu berühren.

Das Anheften selbst geht folgendermaßen [2]) vor sich. Hat das Tier irgendeine Wasserpflanze, z. B. ein breites, grünes Stück des sogenannten Seesalats (Ulva lactuca L.) gefunden, so packt es dasselbe mit der Schere, und ist das Stück von etwas größerm Umfange (über einige cm), so wird es in kleinere Stücke zerrissen. Dies geschieht gewöhnlich auf diese Weise, daß das Tier den genannten

1) Die Anpassungsmorphologie behandelt CARL W. G. AURIVILLIUS in der schönen Arbeit: Die Maskierung der Oxyrrhynchen-Dekapoden, durch besondere Anpassung ihres Körperbaues vermittelt, in: Svenska Vetensk. Akad. Handl., Vol. 23, No. 4, Stockholm 1889.

2) Alles in diesem Absatze Gesagte bezieht sich unmittelbar auf die Fam. der *Majidae* (*Maja verrucosa* M. E. und *Maja squinado* LATR.), wiewohl auch oft, parallel, gleichzeitig an andern Species dieser Gruppe Beobachtungen und Versuche angestellt wurden.

Gegenstand zum Munde führt und. den Rand zwischen den Kiefern festhaltend. den Graslappen mit einem Fuß gegen sich, mit dem zweiten hingegen von sich zieht, ganz so, wie wenn ein Mensch ein Stück Leinwand entzweireißt. Das abgerissene Stück nimmt das Tier zwischen die Kieferfüße und bearbeitet es so lange, bis es zu einem Knäuel zusammengeballt wird. Dann faßt es das Tier mit den länglichen Scherenfingern des linken oder rechten Fußes, streckt zunächst den Fuß aus, dann dreht es ihn im Gelenke um (wie beim Umdrehen eines Schlüssels im Türschloß), biegt ihn nachher ein und legt ihn auf die entsprechende Seite des Rückens, — dann auf den Vorderteil des Kopfes, auf die Stirnfortsätze, auf die über dem Magen gelegene Rückengegend — überhaupt überall dorthin, wo gerade die Haken noch frei sind. Dann schiebt es mittels einer feinen, sachten Bewegung den Fuß hin und zurück — so lange, bis die Pflanze an den angestoßenen Haken festhaftet. Ganz so, als würden wir einen Haftel am Rücken zuhaken. Zuweilen dauert diese Bewegung sehr lange. Zuweilen mißlingt sie schließlich, und die Pflanze gleitet zu Boden. Dann faßt sie das Tier manchmal wieder mit der Schere, und der Vorgang beginnt von neuem.

Auf das erste Pflanzenstück folgt ein zweites, dann ein drittes und so fort, bis endlich alle Haken beladen und der ganze Rücken des Tieres bedeckt ist. Nun kommen die Gehfüße an die Reihe, deren Außenfläche gleichfalls mit Reihen von Haken versehen ist. Das Tier schiebt eins oder das andere Bein unter sich, nähert es dem operierenden Fuß, natürlich der gegenüberliegenden Seite; in analoger Weise bedeckt es auch von unten die Ränder der Branchialstücke des Panzers wie auch das hintere Stück des Cephalothorax samt dem 1. Segment des Abdomens.

Auf diese Weise, sofern kein Hindernis in den Weg tritt und das Tier seine instinktiven Tätigkeiten ruhig ausüben kann, entsteht eine Bekleidung, die so vollständig und so vollkommen das Tier maskiert, daß es auch das geübte Auge das Naturforschers im Dickicht der Ulva zuweilen nicht zu entdecken vermag.

Wie aus der grünen Ulva fertigt sich das Tier, von braunem Meergras umgeben, ein braunes Kleid aus Fucus, Cystoseira, Ectocarpus, Scytosiphon etc. an; in einer Umgebung von Kalkalgen (Corallineen) bekleidet es sich mit ihren Fragmenten. . . . Aus bedeutendern Tiefen (von ca. 10 m) herausgefischte Tiere sind in das Rot der dort wachsenden Rhodophyceen gehüllt. Zuweilen ist

natürlich das Kostüm der *Maja* gemischt — wenn sie sich in gemischter Umgebung aufhält.

Nun entsteht hier von selbst die Frage: Sind die Tiere gegen den Farbenunterschied der Gegenstände, in die sie sich nach Maßgabe der Umgebung kleiden, empfindlich?

Diese Frage bildet die Hauptsache, um die sich vorliegende Untersuchungen und Beweisführungen vorwiegend drehen.

Es ist kein ausschließliches Vorrecht der Seepflanzen, zur Maskierung verwendet zu werden. Es können dazu ebensogut Zweige von Hydropolypen, die am Rücken der Krabbe oft vortrefflich gedeihen und weiter wachsen, Schwammstücke, Kolonien von zusammengesetzten Ascidien dienen. . . . Die letztern bilden oft später an den länglichen Stirnfortsätzen von *Pisa* Zapfen von monströser Größe, unter deren Last das Tier, nicht mehr imstande sie zu entfernen, fortwährend über den Kopf stolpert. Ich habe am Strande von Mallorca Exemplare gefunden, wo jener aus zusammengesetzten Ascidien bestehende Rostralauswuchs 3mal so groß war wie die Krabbe selbst, die von ihrer lebendigen, als Versteckmittel dienen sollenden Bekleidung nach und nach völlig beherrscht wurde. In Seehäfen findet man Krabben, die mit Zwirnstückchen, Stroh, Stofflappen, Schnüren, Papier, überhaupt mit allem, was sie nur vorfinden, bekleidet sind. In den von Seepflanzen gereinigten Aquarien heften sie an ihren Leib die Panzerschalen anderer ausgefressener Krebse, Teile ihres eignen abgestreiften Integuments, Fischknochen, unverzehrte Nahrungsteile, wie Eingeweide von Fischen, Kiemen von Weichtieren etc., manchmal sogar Stücke von Glasröhren. —

Es ist klar, daß jene Gegenstände dem Krebs nicht nur zur Maskierung nicht dienen können, sondern im Gegenteil allgemeine Aufmerksamkeit auf ihn lenken[1], besonders in Aquarien mit schwarzem Boden.

Quantität und Größe der Kleidungsstücke ist ungemein verschieden, und zwar nicht nur bei derselben Art (z. B. bei *Maja verrucosa*), sondern auch bei demselben Individuum, je nach Art des Stoffes wie nach dem Nervenzustand, allgemeiner gesagt, dem physiologischen Zustande des Tieres bzw. der Schnelligkeit des Bekleidungsvorganges.

---

1) Wie dies auch Herman Fol schon bemerkte: „L'instinct et l'intelligence", in: Rev. sc., 1886, No. 7, p. 194.

Es sind manchmal Krebse zu sehen mit bloß einigen großen, nachgeschleppten Ulvastücken oder lediglich mit einem Graslappen, den sie nach kecker Ritterart an die Rostralhaken stecken (meistens bei *Pisa tetraodon*).

Die Meergrasstücke sind gewöhnlich klein, nicht über einige cm, zu Dutzenden am Rücken angeheftet, wie ein wahrer Garten! Mehrmals zählte ich an einer kleinen, 3—4 cm langen *Maja* an 110—130 Stücke. . . .

Das Bekleiden geht gewöhnlich langsam und systematisch vor sich, zuweilen aber auch mit staunenerregender Schnelligkeit, so daß binnen einer Viertelstunde ein vollständiges köstliches Kostüm fertig wird. Es geschah dies allerdings nur bei sehr nachgiebigen Bekleidungsstoffen, und zwar mit farbigem Seidenpapier, das ich mit Erfolg dazu benutzte, die oben gestellte Frage nach dem Verhältnis der sich maskierenden Krebse zur farbigen Umgebung, anders: nach der mimetischen Vollkommenheit des Instinkts, zu beantworten.

Um dieses Problem zu lösen, war es unentbehrlich, zwei Faktoren voneinander unabhängig zu machen, die in normalen Verhältnissen eins bilden: die Farbe der Umgebung und diejenige des für das Kostüm gebrauchten Stoffes. Unentbehrlich war es, solche Bedingungen zu schaffen, in denen ein jeder der genannten Faktoren für sich, nach Willkür und in allen möglichen chromatischen Kombinationen, geändert werden könnte.

Die Ausführung bot keine besondern Schwierigkeiten. Das ziemlich umfangreiche Aquarium richte ich so ein, daß ich, ohne es von der Stelle zu rühren, seinem Boden und den Seitenwänden beliebige Farbe geben kann. Das ganze Aquarium ist aus Glas. Boden und Seitenwände belege ich von außen mit dickem (starkem), farbigem, auf Karton geklebtem Papier, damit die farbigen Strahlen des Mediums ausschließlich Reflexstrahlen seien. Sonst würde hier noch ein dritter Faktor hinzukommen — das durch verschiedenfarbiges Papier ungleichmäßig hindurchgelassene Licht — dem wir durchaus Rechnung tragen müßten, da uns ja die Empfindlichkeit der Krabben im allgemeinen, insbesondere aber der unsrigen gegen die Intensität der Beleuchtung bekannt ist. Es sind das — wie wir ja alle wohl wissen — das Tageslicht fliehende, früher „photophob“, nach der modernen Terminologie „negativ phototropisch“ genannte Tiere.

Die zu Versuchen bestimmten Tiere werden vor allem von

Wasserpflanzen und andern Gegenständen vollständig gereinigt, dann eine Zeitlang zum Sklavenleben in Gefangenschaft und zum Herumspazieren am glatten Glas des Aquariums abgerichtet, wo sie anfangs fortwährend ausgleiten.

Sodann wird ein Aquarium von gewisser, z. B. grüner Farbe errichtet. Darin lassen wir einige (2—3) Krabben und legen Seidenpapier von zweierlei Farbe hinein, grünes (Farbe der Umgebung) und irgendein anderes, z. B. rotes. Die hineingelegten Papierstücke müssen natürlich gleichgroß und gleichgeformt sein, wie auch für beide Farben in gleicher Quantität, damit kein sekundärer Faktor die „Wahl“ des Tieres beeinflussen könne.

Nach einiger Zeit — insofern alle übrigen Bedingungen (Temperatur, Lüftung, innerer physiologischer Zustand des Tieres . . .) normal waren — finden wir die Krabben ausschließlich in Grün gekleidet.

Wir unternehmen an ihnen von neuem eine völlige Reinigung vom Bekleidungsstoffe und gleichen gänzlich oder teilweise die Quantität des Stoffes aus. . . . Wieder dasselbe: in grünem Aquarium grünes Kostüm.

Statt des roten tun wir weißes, schwarzes Papier hinein. . . . Es bleibt unberührt.

Nun wechseln wir die Farbe des Milieus, z. B. in Weiß. Die Krebse werden sich jetzt ausschließlich in Weiß kleiden.

Unberührt bleibt das grüne, gelbe, blaue, violette und schwarze Papier — kein anderes außer dem weißen wird verwendet.

Diejenigen sogar, denen wir eine Hälfte des vorigen grünen Kostüms am Rücken belassen, kleiden die zweite Hälfte in Weiß. Hingegen solche Tierchen, denen das grüne Kostüm im ganzen zurückgelassen wurde, ergänzen es in dem Maße, als die grünen Papierläppchen herunterfallen, jede Lücke im Kostüm auf solche Weise flickend. So erhalten wir eine bunte, verschiedenfarbige Kleidung.

Dasselbe geschieht in Aquarien mit jeder andern Farbe, mit Ausnahme von Schwarz. Hierüber weiter unten.

In normalen Verhältnissen also, wo eine Wahl des farbigen Kostümstoffes stattfinden kann, wird das Kostüm des Tieres immer und stets der Umgebungsfarbe entsprechen.

Soweit meine zahlreichen Versuche den Schluß gestatten, gibt es keine Wahl zwischen gelber und grüner Farbe, und zwar sowohl in grünen wie in gelben Aquarien. Mit voller Gewißheit

bin ich jedoch nicht imstande dies zu behaupten, in Anbetracht der Schwierigkeit des Schlusses aus negativen Versuchsergebnissen, wo es kaum möglich ist, ganz genau zu ergründen, ob das Tier in einem ganz normalen Zustande sich befand oder nicht.

Abgesehen von jenen zwei, im Spektrum einander am nächsten stehenden Farben, welch hohe Vollkommenheit des mimetischen Instinkts! Doch nicht genug damit.

Errichten wir ein zweifarbiges Aquarium, die eine Hälfte gelb, die zweite violett. Legen wir ferner keinen Bekleidungsstoff hinein. Nun lassen wir in dasselbe der Reihe nach gelbgekleidete Krabben aus einem gelben Vorbereitungsaquarium und violette aus einem violetten. Setzen wir sie vorsichtig an die Grenzlinie beider Farben, so daß die Krabbe womöglich nicht gereizt wird, und daß eine Hälfte ihres Körpers samt einem Auge auf der einen Seite der Grenzlinie, die zweite hingegen mit dem andern Auge auf der andern sich befinde.

Entfernen wir uns. Die gelbgekleideten Krabben wenden sich dem gelben Teile, die violetten dem violetten Teile des Aquariums zu. Lassen wir sie auf entgegengesetzte Farbenflächen gleiten, dann kriechen sie gewöhnlich auf die ihnen entsprechenden hinüber.

Ein anderer Versuch. Dreifarbiges Aquarium. Der mittlere Teil schwarz, die beiden Seitenteile weiß. Die schwarzen Krabben nehmen ihren Weg zum schwarzen, die weißen zu einem der weißen Teile. Es ist dies um so mehr überzeugend, als unsere Tiere die Gewohnheit haben, in Ecken zu hocken, der mittlere Teil des Aquariums aber keine solche besitzt. Diese letztere Eigenheit der Krabbenspinnen und vieler anderer Tiere hat ihren Grund in einer eigenartigen Wirkung harter Gegenstandsflächen, überhaupt berührter Flächen auf den Lebeorganismus, einer Wirkung, die den Organismus zwingt, sich zu entfernen oder an die betreffende Fläche enger anzuschmiegen, eine besondere Stellung, eine Gleichgewichtsstellung dieser Wirkung gegenüber einzunehmen. Darin besteht übrigens gleichsam das Wesen aller „Tropismen“. In diesem Falle ist es der sogenannten Stereotropismus nach LOEB oder Thigmotropismus[1]) nach JENNINGS.

---

1) *στέρεος* = hart, fest. *θίγμα* = berührter Gegenstand. Tropismus von *τρέπομαι* = etwas sich zuwenden (positiver Tropismus +) oder von etwas weg-, abwenden (negativer T. —). Objektivierende Benennungen.

Trotz dem überaus stark entwickelten Thigmotropismus gingen also die schwarzen Krabben bei unserm Versuch auf den schwarzen, eckenfreien Mittelteil des Aquariums über und blieben dort die ganze Zeit der Beobachtungsdauer über, d. i. einige Stunden lang. Sie versuchten es, sich der Grenze der weißen Teile zu nähern. Immer aber waren sie gezwungen sich zurückzuziehen.

Veränderte Farbenkombination der Umgebung: Schwarz-Weiß-Schwarz. Umgekehrte, immer der Kleidungsfarbe entsprechende Wahl des Aufenthaltsortes.

Ein in seiner „mimetischen Zweckmäßigkeit" bewunderungswürdiger Instinkt — nicht wahr?

Nicht nur, daß sich das Tier ein Kleid von entsprechender, in betreffender Umgebung am besten maskierender Farbe wählt, es „wählt" auch noch nachher einen, mit der Farbe seines Kostüms harmonierenden Aufenthaltsort und flieht beständig eine dissonierende Umgebung.

Und nun möge noch jemand die Fähigkeit differenzierter Empfindlichkeit der niedern Tiere, differenzierter Reaktion auf Farbeneindrücke bezweifeln!

Mit objektiven Beweisen in der Hand vermögen wir nun diesen allzu langwährenden Streit an Krabben zu entscheiden. Jene objektiven Beweise — dies ist das Rückenkleid des Tieres — ein wahres corpus delicti, das jeder sehen kann, insofern er die zum Experiment notwendigen Bedingungen erfüllt.

Bei allen bisherigen Untersuchungen über chromatische Empfindlichkeit der Tiere war das Resultat in erheblichem Maße von subjektiven Momenten beim Beobachter (wie Erfindungsgeist, vorgefaßten Meinungen, Quantität des Versuchsmaterials u. dgl.) abhängig. Daher die so diametrale Verschiedenheit der Schlüsse. Daher eine so wenig überzeugende, wenn auch so reichliche Literatur darüber. Daher auch das Unvermögen einer definitiven Entscheidung jenes Streites z. B. inbetreff der Insecten, trotz der Mitarbeit solcher Forscher wie Vitus Graber, John Lubbock, Hermann Müller, Felix Plateau mit ihren Schülern und Anhängern.

Überhaupt muß sich die bei derartigen Fragen von den Genannten ausschließlich angewendete statistische Methode notwendig als unzureichend erweisen.

Ein glücklicher Zufall gestattete uns auf Tiere zu stoßen, die man mittels Individualisiermethode (Einzelmethode), jedes Individuum für sich bei allerlei chromatischen Kombinationen

untersuchen und bei denen man nebenbei — wie bereits hervorgehoben wurde — aus der im Kostüm objektivierten schöpferischen Tätigkeit des Tieres, als unwiderleglichen Beweis seiner Farbenempfindlichkeit, Schlüsse ziehen kann.

Was ist nun aber jene „mimetische Zweckmäßigkeit und Vollkommenheit“ des Instinkts?

Sollten wir uns mit der einfachen Feststellung begnügen und, den gebahnten Spuren der Darwinisten folgend, bloß in der Reihe anderer Mimetismen einen entsprechenden Platz für sie suchen?

Ist keine Möglichkeit vorhanden, auf dem Wege einer tiefer gehenden Untersuchung wenigstens den Rand der Hülle zu heben, die das physiologische Wesen jenes Instinkts birgt?

Das eben wird der Gegenstand meiner Versuche sein. Vor allem das Problem der „Zweckmäßigkeit“.

Für diejenigen, denen diese Etikette viel sagt und auf dem Gebiete des Lebens alles erklärt, besitze ich eine Anzahl „dysteleologischer“ Tatsachen.

Wie wir schon oben sagten, kleiden sich die Majae sowohl am heimatlichen Meeresgrunde als unter anormalen Verhältnissen des Aquariums oft in solche Gegenstände, die ihre Anwesenheit eher verraten als verbergen. — Auch sagten wir oben, daß sie in einer neuen Umgebung ihr früheres Kostüm nicht ablegen, und sollte diese Umgebung von einer andern, noch so sehr dissonierenden Farbe sein. Und doch sind sie im allgemeinen befähigt, die Panzerhaken zu reinigen (und tun es auch oft, nach Beobachtungen von H. Fol). Die Reinigungsbewegungen sind im ganzen Krabbenreich überaus hoch entwickelt, — Studien hierüber von Bethe in seinen Untersuchungen über *Carcinus maenas*. — Und dennoch nehmen die Majae ihr altes, sie unter den neuen Bedingungen verratendes Kleid nicht herunter.

Gehen wir aber zu lehrreichen Tatsachen über.

Das ganze Aquarium ist schwarz, von oben mit zerstreutem Tageslicht beleuchtet. Maskierungsstoff zweifarbig: Schwarz und irgendeine andere Farbe (grün, gelb, weiß . . .).

Die schwarzen Papierstücke bleiben unberührt! Und doch ist das eben die Farbe des Mediums.

Alle andern, sogar die weißen werden von den Tieren zum An-

kleiden verwendet, die schwarzen allein nicht. Schwarz kleiden sie sich dann, wenn wir außer Schwarz nichts anderes mehr hineinlegen, und auch dann erst nach längerm Zeitverlauf.

Was hätte denn das zu bedeuten? Weshalb sollte die Teleologie des Instinkts einzig und allein bei schwarzer Umgebungsfarbe versagen müssen?

Unmöglich ist es, den Grund hierfür darin zu suchen, das Tier finde diese Farbe in seinen normalen Lebensverhältnissen nicht, es hätte sich also auch der Instinkt an sie nicht evolutionsmäßig anpassen können. Es ist deshalb unmöglich, weil das Tier auch sonst weder weiße noch grellgelbe noch violette Farbe findet, sich aber dennoch bei diesen Farben zweckmäßig verhält. Ebensowenig ist es möglich, von eventuellen „Fehlern“ des Instinkts zu sprechen, wie dies häufig — nicht nur im Alltagsgespräch, sondern auch in wissenschaftlichen Schriften — geschieht, denn schon die Zusammenstellung selbst von Begriffen „Fehler“ und „Instinkt“ ist ein Unsinn, wie dies ja übrigens Wladimir Wagner in einem speziell dieser Frage gewidmeten Kapitel seines Buches [1]) an faktischen Beispielen vortrefflich klargelegt hat.

Die im ersten Teil unserer Arbeit entwickelten Beweisführungen schließen die Möglichkeit aus, eine Erklärung in einer „Abneigung“ oder „Angst“ vor der schwarzen Farbe zu suchen. . . .

Konkrete Aufschlüsse hierüber können nur in physiologischer Kausalität gesucht werden.

Es ist dies bis vor kurzem nicht möglich gewesen. Erst die von uns 1906 entdeckten Erscheinungen des Tierchromotropismus [2]) wiesen darauf hin, auf welchem Wege eine Erklärung zu suchen wäre. Das Wesen der Entdeckung besteht im Nachweis einer eigenartigen Wirkung von farbigen Strahlen bzw. Flächen auf die Bewegung des Tieres in dieser oder jener Richtung.

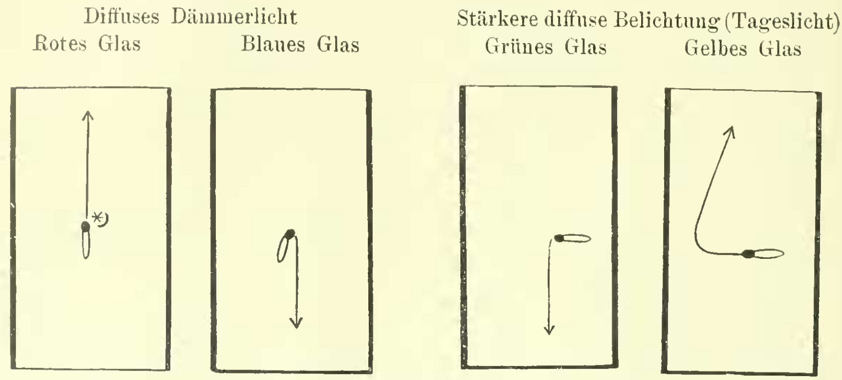
So bewegt sich z. B. eine kleine Nemertine, *Lineus ruber*, mit der ich ursprünglich in Roscoff meine Versuche angestellt habe, stets in der Richtung der chromatischen Strahlen (resp. Flächen) der

---

1) W. Wagner, Probleme der Zoopsychologie (russisch), 1896.

2) Romuald Minkiewicz, 1. Sur le chromotropisme et son inversion artificielle, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 143, No. 21 (19. Nov. 1906). 2. Le rôle des phénomènes chromotropiques dans l'étude des problèmes biologiques et psychophysiologiques, ibid., No. 23 (3. Dez. 1906). Beide Artikel auch englisch im amerikanischen „Journal of comparative Neurology and Psychology“, Vol. 17, No. 1, 1907. — Übers. v. Herausgeber.

linken, d. i. roten Hälfte des Spektrums, er entzieht sich hingegen der Strahlenwirkung des rechten, violetten Teiles desselben. Er ist demnach — um die bereits festgesetzte Terminologie zu gebrauchen — positiv erythrotropisch und gleichzeitig negativ ianthinotropisch (purpurotropisch). Fallen in einem kleinen Glasgefäße die Strahlen nur von einer Seite her, dann wird die Richtung der Bewegung des *Lineus* gegen die Strahlen hin oder von ihnen weg durch die chromatische Beschaffenheit der Strahlen determiniert, wie dies die beigefügte Zeichnung veranschaulicht.



*) Anfangslage des Wurmes, Kopf schwarz.
Die Beobachtung wird durch die hintere, nicht verhüllte Wand des Behälters angestellt.

Fig. A.

Linien der chromotropischen Bewegung von *Lineus* am Anfange der Reizwirkung.

Die Differentialempfindlichkeit von *Lineus* ist — wie wir sehen — derart fein, daß sie sogar auf die einander nächstgelegenen gelben und grünen Strahlen verschiedenartig reagiert.

Wenn wir eine bis zur Hälfte mit Seewasser gefüllte Glasröhre mit einigen *Lineus*-Exemplaren wagerecht, parallel zur Lichtquelle hinlegen und sie mit einer Reihe farbiger Glasplatten bedecken, dann sammeln sich nach einiger (zuweilen ziemlich langer) Zeit die sämtlichen Würmer unter der roten Glasplatte an, oder in Ermangelung einer solchen unter denjenigen, die die größte Anzahl langwelliger Strahlen hindurchläßt, somit unter der gelben, in Ermangelung einer solchen unter der grünen Platte etc. — ganz unabhängig davon, in welcher Ordnung die Platten aneinandergereiht wurden. — Es geschieht dasselbe, wenn wir, statt Glasplatten zu gebrauchen, Glasröhren mit farbigen Seidenpapierstreifen umwickeln.

Legen wir endlich ein kleines längliches Glasgefäß auf zweifarbiges Papier, so daß die eine Hälfte desselben einen roten, die zweite z. B. blauen Boden bekommt, dann sammeln sich die Würmer immer am roten Hintergrunde, insofern natürlich die Quantität des von oben fallenden Lichtes in beiden Teilen des Gefäßes einander gleich ist.

Wie immer die Strahlen ausfallen (ob sie reflektiert werden oder hindurchgehen) und woher sie auch kommen mögen, das Tier bleibt unveränderlich erythrotropisch.

Solcher nach Möglichkeit verschiedenartig gestalteter Versuche habe ich in Roscoff eine Menge ausgeführt mit tätigstem Anteil des Kollegen Mieczysław Oxner, mit dessen Erlaubnis ich die oben erwähnten Tatsachen angeführt habe.

Auf die eventuelle Einwendung, daß *Lineus* — ein lichtscheues Tier — nicht etwa infolge einer besondern Wirkung verschiedenfarbiger Strahlen sich ihnen gegenüber so oder anders verhält, sondern es geschehe dies ausschließlich infolge größerer Wirkungsintensität der stärker brechenden Strahlen, wie dies schon Loeb im Jahre 1890[1]) annahm, auf solche eventuelle Einwendung antwortete ich damit, daß ich den Chromotropismus des *Lineus* künstlich, auf physikalisch-chemischem Wege invertiert habe, ohne daß die Art seiner Reaktion auf gewöhnliches Licht sich irgendwie geändert hätte.[2])

Hierüber jedoch später.

Nun folge eine Anzahl anderer Beweise, stichhaltig genug, um uns von vollständiger Unabhängigkeit und Selbständigkeit beider Erscheinungskategorien des Chromotropismus und des gewöhnlichen Phototropismus zu überzeugen.

1. Lassen wir auf einen Teil der wagerechten Glasröhre außer dem gedämpften zerstreuten Licht, sei es direkt vom Prismenspektrum, sei es kombiniert, mittels roten Glases rotes Licht fallen, dann sammeln sich die Nemertinen (*Lineus*) trotz bedeutend verstärkter Beleuchtung im roten Teil der Röhre, wiewohl sie in normalen Verhältnissen sogar vor gedämpftem Tageslicht in den Schatten fliehen.

---

1) Jacques Loeb, Der Heliotropismus der Tiere und seine Übereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen, Würzburg 1890, p. 36, 109.

2) R. Minkiewicz, l. c., erster Artikel (November).

Es geschieht dasselbe, wenn wir statt der Glasplatten mit farbigen Seidenpapierstreifen umwickelte Glasröhre benutzen.

2. Die unlängst eben in Villefranche an dem Einsiedlerkrebs *Pagurus* angestellten Untersuchungen.

Diese eigentümlichen Krebse, deren Instinkt, ihren weichhäutigen Hinterleib in fremde Schneckengehäuse zu stecken, ebenfalls Gegenstand meiner Studien ist, wenden sich, wie längst bekannt, dem Lichte zu. Sie sind demnach positiv phototropisch. Gleichzeitig können sie zwischen grünen und blauen (oder violetten) Flächen wählen, wenden sich unter normalen Verhältnissen immer nur den grünen Farbenflächen zu, somit gegen Strahlen des mittlern Teils des Spektrums, von mittlerer Brechbarkeit und mittlerer Wellenlänge. Unter gleichzeitiger Wirkung grüner und roter Flächen wählten sie wieder die grünen.

Auf der Grenzlinie von roten und blauen (resp. violetten) Farbenflächen wählen sie hingegen die letztern.

Somit überzeugen wir uns von einer ganz eigenartigen Wirkung der grünen Strahlen: vom Chlorotropismus des *Pagurus*.

Es war dies zu erwarten angesichts der Untersuchungen von Paul Bert [1]) und J. Lubbock [2]) an Daphnien, die von Loeb übersehen oder gar mit Unrecht unberücksichtigt gelassen wurden, wie auch nach den vortrefflichen Arbeiten von W. Engelmann [3]) über Protozoen und Diatomeen, und von J. Wiesner [4]) über junge Pflanzenstiele von Vicia sativa u. dgl.

Es wäre überflüssig, nach weitern Beweisen zu suchen. Es ist nicht möglich, die Wirkung gegebener Strahlen oder Farbenflächen vorauszubestimmen, wenn auch das Verhältnis des Tieres zum Tageslicht bekannt wäre, da die Einwirkung dieser beiden Reizkategorien auf die Tierbewegungen keineswegs durcheinander bedingt ist. Der Chromotropismus ist eine selbständige, autonome, unabhängige Erscheinung.

---

1) Paul Bert, Sur la visibilité des divers rayons du spectre pour les animaux, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 69, p. 363—365 (1869).

2) J. Lubbock, Les sens et l'instinct chez les animaux, in: Biblioth. sc. internation., Paris 1891, Kap. 10.

3) Wilhelm Engelmann, Über Licht und Farbenreception niederster Organismen, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 29 (1882), p. 389—393.

4) Julius Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche, Teil 1, in: Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Vol. 39 (1879), p. 190 bis 191.

Diese Tatsache ist von ungemein großer Wichtigkeit für unsere weitern Untersuchungen.

Die Wirkung eines bestimmten Farbenstrahles auf ein bestimmtes Tier ist jedoch keine einfache Funktion der chromatischen Beschaffenheit des gegebenen Strahles. Sie hängt nämlich in gewissem, oft sogar in erheblichem Maße vom physiologischen Zustande des Tieres ab, der wieder durch äußere oder rein innere Verhältnisse bedingt wird. Daß dem wirklich so ist, zeigt die Möglichkeit einer Inversion chromotropischer Reflexe mittels entsprechender Experimentiermethoden.

Es gelang mir dies bis jetzt in zwei Fällen, jedesmal auf eine überaus interessante Weise. Es ist nicht hier der Ort, in die Details dieser Versuche einzugehen, wiewohl das Interessanteste an ihnen eben eine genaue Analyse derselben wäre. Die letztere ist zu finden in den oben erwähnten kurzen französischen Noten wie auch in einer umfangreichern Arbeit, die ich binnen kurzem der Krakauer Akademie der Wissenschaften zur Veröffentlichung vorzulegen gedenke.

Dasjenige, was sich unmittelbar auf vorliegendes Thema bezieht, verhält sich folgendermaßen:

In mit 25—80 Teilen destillierten Wassers verdünntes Seewasser hineingelegten Exemplare von *Lineus* äußern nach einiger Zeit, gewöhnlich am nächsten Tage, einen derart veränderten Chromotropismus, daß die vorher positiv wirkenden Strahlen nunmehr eine negative Wirkung ausüben und umgekehrt. Die Würmer werden ianthinotropisch (purpurotropisch) und wenden sich den früher gemiedenen violetten, blauen etc. Strahlen und Flächen zu.

Dagegen bleibt das Verhältnis zum Tageslicht unverändert — negativ.

Daß jedoch der Erythrotropismus von *Lineus* nicht einfach eine Funktion des normalen Seewassers, der Ianthinotropismus aber eine Funktion des verdünnten Mediums ist, zeigt uns die Tatsache, daß nach einigen Tagen die im verdünnten Seewasser sich befindenden Stücke zur frühern Norm zurückkehren. Die Inversion des Chromotropismus verschwindet. Damit nicht genug, kann man wiederholt eine Inversion erzielen, wenn man die Würmer nach einiger Zeit in normales Wasser zurückversetzt.

Die Änderungen in der Reaktion des Tieres gegen die Wirkung der Farbenstrahlen scheinen somit vom Zustande des physiologischen Gleichgewichts des Organismus abzuhängen;

bei einer jeden Gleichgewichtsstörung tritt irgendeine Veränderung der chromotropischen Reflexbewegungen auf. So bei *Lineus.*

Unlängst — Ende April — erlangte ich eine Inversion des normalen Chlorotropismus der Einsiedlerkrebse, indem ich sie längere Zeit hindurch in großen Gefäßen von 1—2 l Inhalt in nicht gewechseltem Seewasser hielt.

Indem die Paguriden nach und nach einer Vergiftung durch ihre eignen Excremente und der Asphyxie oder auch nur einem von den beiden Faktoren erliegen, ändern sie ihren Chlorotropismus in Erythrotropismus und wenden sich der roten Hälfte des Gefäßes zu.

Noch sonderbarer ist es, daß die Krebse bei grünem und violettem (oder blauem) Boden die letztere Farbe wählen, wiewohl sie ja jetzt das Tageslicht fliehen.

An die Grenzlinie von Rot und Blau gesetzt, begeben sich die intoxizierten Paguriden auf die rote Farbenfläche.

Nun möge Loeb versuchen, diese Tatsachen mit seiner Theorie (eigentlich mit der Theorie des Botanikers J. Sachs, die er unverändert auf die Tiere übertragen hat) in Einklang zu bringen: in den Lichttropismen seien eigentlich nur die am stärksten brechenden Strahlen tätig, die langwelligen hingegen seien von einer sehr geringen Wirkung, die ihrem Wesen nach jedenfalls dieselbe sei.

Was sich für uns daraus als Wichtigstes ergibt, ist die sowohl bei *Lineus* wie bei *Pagurus* festgestellte Umwandlung der chromotropischen Reflexe zugleich mit jeder durch irgendwelche Einflüsse des Milieus hervorgerufenen Änderung des physiologischen Zustandes des Tieres.

Könnte nicht auch in gewissen Fällen zu diesen Einflüssen des Mediums die unmittelbare Einwirkung der Farbenumgebung mitgezählt werden?

Es ist ja bekannt, daß die Richtung des Phototropismus oft von der Intensität des Lichtes oder von den dem Versuch vorangehenden Belichtungsverhältnissen abhängt. Es wurden von verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Tierformen von der Beleuchtungsintensität abhängende Änderungen der Bewegungsrichtung (+ oder —) nachgewiesen, so von Loeb an der *Balanus*-Larve, von Parker an dem Copepoden *Labidocera*, von Holmes an dem Amphipoden *Orchestia* wie auch an *Volvox* unter

den Flagellaten, endlich von ADAMS [1]) am Regenwurm. Vor kaum zwei Jahren konstatierte GEORGES BOHN [2]) eine ähnliche Wirkung eines längern Aufenthalts in Licht oder Dunkelheit an der kleinen Meeresschnecke *Littorina*.

Es wären nun a priori analoge Fälle bezüglich der Richtung chromotropischer Bewegungen zu erwarten, bedingt durch die dem Versuche vorangehenden oder fortdauernden chromatischen Verhältnisse des Mediums, in dem sich das Tier befindet.

Natürlich muß man auf derartig empfindliche Tiere treffen. Sie müssen eine anpassungsfähige sensomotorische Organisation besitzen, daß die innere Zustandsänderung unter Einfluß chromatischer Reize allein sich uns durch Bewegungen äußert.

Es ist von vornherein zu erwarten, daß nur wenige Wesen fähig sein werden, solch komplizierten Anforderungen zu entsprechen.

Bis jetzt sind mir solche Organismen ausschließlich unter marinen Crustaceen bekannt. Es sind dies einerseits kleine Garneelen (*Hippolyte varians*), andrerseits die sich maskierenden Krabben, wenigstens die von mir am genauesten untersuchten *Majae*.

Beginnen wir mit den erstern.

Von *Hippolyte* ist es längst bekannt, daß die einzelnen Individuen verschieden gefärbt sind, je nach der Hauptfarbe der Umgebung. Am häufigsten sind sie natürlich unter Wasserpflanzen grün in verschiedenen Nuancen und braun oder braunrot gefärbt. Diese Färbung kann entweder einheitlich sein oder auch in Mustern, Streifen und Flecken bestehen, von verschiedenem Umfange und verschiedenartiger Gruppierung [3]), und darin wieder mit den Mustern des Milieus übereinstimmen.

Dieser so vollkommene variierende Mimetismus erklärt auch den Artnamen *varians*.

Nicht dies aber ist für uns an der Sache von Interesse, sondern die Tatsache, daß jede von diesen chromatischen Varia-

1) GEORGE P. ADAMS, On the negative and positive phototropism of the earthworm Allobophora foetida as determined by light of different intensities, in: Amer. Journ. Physiol., Vol. 9, No. 1 (1903).

2) GEORGES BOHN, Attractions et oscillations des animaux marins littoraux sous l'influence de la lumière, in: Mém. Instit. gen. Psychol., Vol. 1, 1905, p. 41.

3) Siehe die vortrefflichen farbigen Tabellen in der Arbeit von F. W. KEEBLE u. F. W. GAMBLE, Hippolyte varians — a study in colour-change, in: Quart. Journ. microsc. Sc., Vol. 43 (1900), tab. 32, 33.

tionen einen eigenartigen Chromotropismus aufweist, indem sich das Tier stets diesem Milieu zuwendet, dessen Farbe es selbst an seinem Körper trägt.

Dieser Schluß ergibt sich wenigstens aus den in der bereits erwähnten Arbeit von Keeble u. Gamble, p. 601, 602, 694 dargestellten Beobachtungen, daß nämlich die Verfasser oftmals in den Behälter mit *Hippolyte* verschiedenfarbige Wasserpflanzen hineinlegten, worauf die Krebse sich stets zu solchen wandten, die mit ihrer eignen Hautfarbe harmonierten. Sodann blieben sie an denselben bewegungslos haften.

Es bezieht sich dies sowohl auf grüne wie auch auf gelbliche, braune und rote Algen und Krebse zugleich.

Leider begnügen sich die englischen Verfasser mit der bloßen Angabe ihrer Beobachtungen, ohne die große Tragweite dieser Tatsache erkannt zu haben. Weder weitergehende Schlußfolgerungen noch weitere Untersuchungen wurden von ihnen unternommen.

Sie haben aber die Herkunft jener Farbenvariationen erforscht, und dies bedeutet für uns schon viel.

Die jungen, frisch aus der Larve umgewandelten *Hippolyte* sind farblos.

In den Aquarien an irgendeine farbige Wasserpflanze gebracht, nehmen sie nach einiger Zeit deren Färbung an. Versetzen wir sie nachher auf einen andersfarbigen Hintergrund, dann harmonieren sie nach einigen Tagen wieder mit dem neuen Milieu, sich ihm in der Farbe anpassend.

Es zeigt sich somit, daß die Farbe von *Hippolyte* nicht vererbt, angeboren oder konstant, sondern im Gegenteil individuell erworben ist und individuell variiert. Auch erwachsene Individuen haben die Fähigkeit, ihre Farbe zu ändern, nur erfordert dies oft eine ziemlich lange Zeit (in Versuchsaquarien manchmal ca. eine Woche) und damit im allgemeinen um so länger, je größer bzw. älter [1]) das Tier ist.

In Roscoff habe ich die von Keeble u. Gamble angeführten Tatsachen nachgeprüft und kann sie nicht nur bestätigen, sondern noch hinzufügen, daß es mir gelang, die Farbe an weit größern Exemplaren zu ändern, als dies bei genannten Autoren der Fall war, durch Zucht in mittelgroßen Glasbehältern mit farbigem Papier-

1) Keeble and Gamble, The colour-physiology of higher Crustacea, Part III, in: Phil. Trans. Roy. Soc. London, Vol. 198 (1905), p. 11—12.

boden oder mit farbigen Deckeln aus Glas oder Seidenpapier, die das Licht durchließen. Leider waren mir damals die Beobachtungen über den Chromotropismus der *Hippolyte* noch nicht bekannt, meine Versuche gingen unter Umständen vor sich, wo die chromotropischen Bewegungen ausgeschlossen waren. Ich kann also die fraglichen Daten vorläufig nicht ergänzen, hoffe es aber bald nachzuholen.

Die Exaktheit anderer Beobachtungen und Versuche von Keeble u. Gamble bürgt jedoch hinreichend dafür, daß sie auch hierin das Richtige getroffen, um so mehr als es ja Tatsache ist, daß die zusammen mit den sie bergenden Algen gefangenen *Hippolyte* immer an entsprechend gefärbten Pflanzenteilen haften, und wenn der untere Teil der Pflanze lichter, der obere hingegen dunkler ist, dann haften die Krebse an demjenigen, der ihnen im Farbentone näher steht.

Wenn nun die Farbe von *Hippolyte* im Laufe ihres individuellen Lebens erworben wird, der Chromotropismus aber, soweit uns bekannt, stets mit der Farbe harmoniert, dann ergibt sich daraus der einfache Schluß, daß auch der Chromotropismus zugleich mit der Farbe miterworben wird. Und da die betreffende Farbe sich, wie wir oben gesehen, unter unmittelbarem Einfluß des Milieus entwickelt und festigt, so faßt auch der ihr entsprechende Chromotropismus festen Fuß unter derselben unmittelbaren Wirkung der farbigen Strahlung im Medium.

Wird eine *Hippolyte* auf irgendwelche Art in ein andersfarbiges, dissonierendes Milieu gebracht, z. B. eine grüne auf roten Untergrund, dann ändert sich nach einiger Zeit ihre Farbe in ein dem neuen Milieu entsprechendes Rot und demgemäß ändert sich auch ihr Chromotropismus, in unserm Falle Chlorotropismus, in Erythrotropismus. Ob dies gleichzeitig geschieht oder ob die beiden Vorgänge nacheinander verlaufen, das festzustellen ist die Aufgabe weiterer Untersuchungen, die voraussichtlich nicht allzu lange auf sich warten lassen werden.

Wie dem auch sei, hier liegt ein vortreffliches Beispiel von Anpassungsfähigkeit der ganzen anatomisch-physiologischen Organisation vor, sowohl in betreff der Gruppierung der Chromatophoren [1]) wie bezüglich des sensomotorischen Apparats. Der Änderungsvorgang

---

1) Die hier ungemein kompliziert sind und sich aus 2 Arten von Pigmentkörnchen, gelb und rot, von selbständiger, voneinander unabhängiger Bewegung, wie auch aus einem dritten — blauen, diffusen und zumindest periodisch auftretenden Pigment zusammensetzen.

der erstern ist noch in hohem Grade unklar trotz der glänzenden und gehaltreichen Untersuchungen von KEEBLE u. GAMBLE. Der zweite Vorgang ist uns bis jetzt absolut unbekannt. Von seinem Vorhandensein zeugen jedoch klar die jedesmal veränderten Bewegungen des Tieres. Sowohl im erstern wie im zweiten Falle tritt eine gewisse direkte Zuordnung des reagierenden Organismus zu den Einflüssen des Milieus ein, eine chromatische Übereinstimmung, eine Art direkter, nichtsdestoweniger aber zu den Maskierungszwecken gleichsam vollkommen geeigneter chromokinetischer Resonanz. — Direkte Anpassung, direkte zweckmäßige Reaktion.

Dies klingt sonderbar, es ist aber so, und ist nicht verwunderlicher und unverständlicher als jeder Selbsterhaltungsakt einfachster lebender Organismen. Sie sind bis jetzt sämtlich gleichdunkel geblieben. Wer weiß, ob die von uns formulierte Erklärung nicht eher zur nähern Erforschung derselben beitragen wird? Ob sie uns nicht den Saum jenes Vorhanges zu lüften verhilft, der eifersüchtig das Wesen der Lebenserscheinungen verhüllt. Überlassen wir das der Zukunft.

Was aber schon gegenwärtig eine Errungenschaft bedeutet, ist die Tatsache der chromokinetischen Übereinstimmung sowohl der beweglichen Chromatophoren wie auch der chromotropischen Bewegungen des ganzen Tieres mit dem betreffenden farbigen Milieu.

Da nun die beiden genannten Vorgänge als unmittelbare Reaktion des Organismus gegen betreffende Einflüsse des Milieus vor sich gehen, sehe ich mich gezwungen, neue, objektive Bezeichnungen: Synchromatismus und synchromatischen Chromotropismus, einzuführen, die außer der Feststellung der Tatsache selbst nichts weiter aussagen, während der Ausdruck „Mimetismus" außer dem allzu anthropomorphischen Charakter noch den Begriff einer selektionistischen Entwicklung der Erscheinung enthält, wovon hier abzusehen wäre.

Gehen wir endlich zu den sich maskierenden Krebsen über.

Erst jetzt können wir eine tiefere Analyse ihres erstaunlichen Instinkts versuchen.

Würde nämlich eine Erklärung dafür, daß sie ihr Kleid in Übereinstimmung mit der Farbe des Milieus wie auch ihren Aufent-

haltsort in Übereinstimmung mit der Kleidfarbe wählen, nicht in den Reaktionen des synchromatischen variablen Chromotropismus zu suchen sein, wie wir einen solchen bei *Hippolyte* gesehen?

Die Sache wird sich folgendermaßen verhalten.

In ein grünes Aquarium hineingelegt, werden die Majae nach einiger Zeit unter Einfluß der Strahlung des Mediums chlorotropisch gestimmt, d. h. außer Grün wird eine jede andersfarbige Fläche für die Tiere von einer negativen, abstoßenden Wirkung sein. Somit kann das Tier unter den am Boden des Aquariums liegenden Papierstücken weder die roten noch die weißen nehmen, und muß sie stets unbeachtet lassen, da sie auf dem grünen Grunde des Milieus Flecken von negativer Wirkung bilden. Auf das grüne Papier hingegen wird es, im Aquarium herumirrend, zufälligerweise stoßen. Es kann sich also nur (in normalen Verhältnissen) mit Grün bekleiden.

Wechseln wir die Farbe des Milieus, z. B. in Rot, dann tritt nach einer gewissen Zeit in der chromotropischen Stimmung des Tieres eine synchromatische Änderung ein; aufs neue gezwungen, den mit dem Milieu dissonierenden Flecken auszuweichen, wird sich das Tier diesmal in Rot kleiden.

Es leuchtet ein, daß die Krabbe ihr altes Kostüm, selbst wenn es in den neuen Verhältnissen für sie noch so verräterisch sein sollte, nicht herabnehmen wird, denn 1. tritt der Vorgang des Ankleidens selbst gar nicht in die Reihe der chromotropischen Reaktionen, 2. könnte das Kostüm meistenteils, wenn überhaupt, dann nur eine sehr geringe Wirkung auf die Augen des Tieres ausüben, die nach vorn, etwas abwärts und nach außen gerichtet sind; sehr leicht möglich, gar keine.

Wieso? Auf welche Weise könnte das Tier einen mit der Farbe des Kostüms harmonierenden Aufenthaltsort „wählen“? Sehr einfach.

Wie die aus ihrem heimatlichen Milieu herausgefischten *Hippolyte* noch eine Zeitlang die durch jenes Milieu in ihnen hervorgerufene chromotropische Stimmung fort bewahren und bei entsprechenden Bedingungen sich den übereinstimmenden Farbenflächen zuwenden, ebenso behalten die aus weißem Aquarium herausgeholten weißgekleideten Majae weiterhin ihre weiße Stimmung bei und sind somit gezwungen, in einem weiß-roten Aquarium z. B. den weißen Teil als Aufenthaltsort zu wählen. Sind sie aber dort, dann

wird in ihnen die leucotropische Stimmung durch die unmittelbare Einwirkung des Milieus aufrechterhalten, und die Krabben sind nicht imstande, den roten (oder irgendeinen andern) Teil des Aquariums aufzusuchen.

Ebenso verhalten sich natürlich die in Vorbereitungsaquarien von jeder andern Farbe gezüchteten Majae.

Das Kostüm des Tieres an sich ist hierbei von gar keinem Einfluß. Nicht das „Bewußtsein", am Rücken ein rotes Kostüm anzuhaben, zwingt das Tier zum roten Aufenthaltsorte, auch ist dies nicht die unmittelbare Wirkung der Farbe des Kostüms, denn — soweit man denken kann — vermag das Kostüm nicht, diese Wirkung auszuüben, sondern einzig und allein liegt es an der chromotropischen Stimmung, die eine Zeitlang fortdauert. Gleichsam ein physiologisches Gedächtnis in betreff vorausgegangener unmittelbarer Wirkungen des chromatischen Milieus.

Das Kostüm der Majae, ebenso wie die organische Farbe der *Hippolyte*, ist aber bloß eine zufällige, mit dem Chromotropismus kaum mechanisch zusammenhängende Erscheinung. Sie könnten auch überhaupt fehlen, und ihre Abwesenheit könnte doch die farblose *Hippolyte* und die nackte, nicht bekleidete *Maja* nicht hindern, die verfeinerte Empfindlichkeit ihres synchromatischen Chromotropismus zu bewahren.

Nur wäre dies bei weitem nicht so außerordentlich interessant, denn es würde nicht den zweckmäßigen Charakter des organischen oder instinktiven Mimetismus aufweisen.

Es ist von vornherein das Vorhandensein von Tieren mit synchromatischem variierendem Chromotropismus vorauszusehen, jedoch ohne mimetische Fähigkeiten.

Es ist auch das Vorhandensein anderer Tiere anzunehmen, mit variierendem Synchromatismus (= Mimetismus), jedoch ohne irgendwelche chromotropischen Fähigkeiten oder auch mit einem dauernden, den Einflüssen des Farbenmilieus nicht unterliegenden Chromotropismus. Es wären dies Fälle eines unvollkommenen Mimetismus.

Endlich existieren sehr zahlreiche Organismen, wie *Lineus*, *Pagurus* u. dgl., mit einem dauernden Chromotropismus in ihrem normalen Meeresmilieu, wo aber alle anatomisch-physiologischen Bedingungen des Mimetismus vollständig fehlen. Es sind dies Fälle des gewöhnlichen Achromatismus. Sind jene Wesen außerdem,

wie z. B. *Lineus*, von verschiedener, jedoch unveränderlicher Farbe, dann werden bei ihnen oft Fälle von Apochromatismus, einer grellen Dissonanz zwischen Farbe des Tieres und des Milieus, vorkommen, auch dann, wo ihr Chromotropismus sich äußern könnte, da die *Lineus ruber*-Varietäten aller Farben einen ausgesprochenen und dauernden Erythrotropismus besitzen.

Apochromatismus und Achromatismus sind bekanntlich sehr verbreitete Erscheinungen.

Es gibt endlich Wesen, die weder durch Bewegungen noch organisch gegen die chromatischen Unterschiede des Milieus reagieren: achromotropische und achromatische Wesen, eine vollständig farbenblinde Art.

Kehren wir indessen zu den sich maskierenden Krabben zurück.

Bei derartiger Auffassung der Erscheinungen der Farbenwahl von *Maja* gibt es keinen Platz für „dysteleologische" Tatsachen, auch nicht für „Fehler des Instinkts". Alles, was wir bis jetzt wahrzunehmen vermochten, findet seine Erklärung im physiologischen Determinismus der chromotropischen Bewegungen des Tieres. Und dies ist schon sehr viel für die objektive Beurteilung unserer Auffassung in bezug auf wissenschaftliche Wahrheit.

Die in einem schwarzen Aquarium weilenden Majae stehen unter keinem chromatischen Einfluß, da die Radiation des schwarzen Milieus nach unsern physikalischen Begriffen gleich Null ist. Daher sind die Majae dort ohne jede chromotropische Stimmung.

Es ist klar, daß in solchen Verhältnissen ein jeder genügend umfangreiche farbige Papierfleck auf dem schwarzen Boden des Aquariums für die ungemein empfindlichen Tiere eine positive, sozusagen anziehende Fläche bilden wird. Das Tier richtete seine Schritte dorthin und, auf entsprechendem Stoff antreffend, kleidet es sich in denselben.

Eben deshalb werden die Majae im schwarzen Aquarium eine jede Farbe zu ihrem Kleide verwenden, da in diesen Verhältnissen jede Farbe (Grün, Rot, Gelb, Violett, Weiß) chromotropisch effektiv sein wird.

Diese Null an chromotropischer Stimmung ist gleichsam der kritische Punkt im physiologischen Gleichgewicht des Tieres, wo der geringste Einfluß die Auslösung einer bestimmten chromokinetischen Reaktion hervorruft.

Findet das Tier auf dem Wege zu der positiven Farbenfläche zufällig einen der wirkungslosen schwarzen Papierstücke, dann kann es sich natürlich damit bekleiden, da doch die Fähigkeiten des Ankleidens von den chromotropischen Handlungen unabhängig sind. Letzteres kam aber bei meinen Versuchen überaus selten vor.

Um mir die Gewißheit zu verschaffen, daß die physiologische Auffassung der Farbenwahlerscheinungen bei Majiden, die einzig und allein durch die Reaktionen des synchromatischen variierenden Chromotropismus determiniert sind, tatsächlich berechtigt ist, unternahm ich nachträglich zwei Reihen von Experimenten an Tieren ohne Kostüm, ja sogar ohne Stoff zur Bekleidung.

Erste Reihe. Die völlig gereinigten Tiere, oder mit etwas Meergras am Rücken, werden in zwei Vorbereitungsaquarien, in ein grünes und ein rotes, gebracht. Farbiger Kleidstoff wird nicht beigegeben. Nach einiger Zeit, manchmal einigen Tagen, setze ich sie in ein Aquarium, das aus zwei entsprechenden Farbenteilen besteht. Das aus dem grünen Aquarium kommende Tier geht unter normalen Umständen auf die grüne, dasjenige aus dem roten auf die rote Hälfte hinüber. Und es hat doch gar kein Kleid an!

Zweite Reihe. Im grünen Aquarium beobachte ich den bei den Krabben „beliebten" Winkel, wo sie zumeist verweilen, mit dem hintern Körperteil an der Glaswand hockend. Hierauf mache ich den Boden dieses Winkels rot. Es muß nun dieser Boden, wenn meine Auffassung richtig ist, eine negative Fläche für die chlorotropisch gestimmten Tiere bilden.

Natürlich werden die Krabben vorher aus dem genannten Winkel verjagt.

Es zeigt sich nun, daß die Majae gegenwärtig in jedem andern von den drei übrigen Winkeln hocken, auf der Suche nach Nahrung im Aquarium herumirren, den roten Winkel jedoch nicht einmal betreten werden. Der Versuch dauerte mehrere Tage.

Oft sah ich, wie sie sich der Grenzlinie nahten, dort stehen blieben und nach einiger Zeit umkehrten. Offenbar waren sie nicht imstande, die verhängnisvolle Grenze zu überschreiten.

Hierauf wechselte ich den negativen Winkel; früher war es ein linker, nun war es ein rechter. Die Krabben suchen wieder den frühern, „liebgewonnenen" auf, wobei sie die neue rote Fläche sorgfältig meiden.

Jetzt wechsle ich die Farben. Das ganze Aquarium ist rot. Der dissonierende Winkel grün. Das Ergebnis bleibt dem vorigen gleich.

Die empfindlichen Majae wurden erythrotropisch gestimmt, und nun wirkt auf sie die grüne Fläche „abstoßend".

Die genannten Winkel waren ungefähr von demselben Umfange wie die von mir als Maskierungsstoff gebrauchten Papierstückchen.

Diese Ergebnisse sind, glaube ich, überzeugend genug.

So stellt sich der physiologische Determinismus jener „mimetischen Teleologie" des Maskierungsinstinkts dar.

Es war das der schwierigste Teil der Analyse. Zugleich war dies der erste Moment, die erste Phase der instinktiven Reflexbewegungen des Tieres, von deren Ausführung auf diese oder jene Weise die Wahl des maskierenden Stoffes abhing. Nun müssen wir uns der nächstfolgenden Phase, dem Vorgang der Maskierung, der Anfertigung des Kleides zuwenden. Wäre diese zweite Phase tatsächlich nur mechanisch, durch Zeitfolge mit der vorangehenden verbunden, ließe sich alsdann nicht die eine von der andern absondern?

Allerdings ist dies möglich — und zwar auf dem Wege einer vollständigen Ausscheidung der chromotropischen Phase.

Es ist nur ganz einfach der Zutritt des Lichtes abzuschneiden. Dies wurde bereits von BATESON an Stenorhynchen[1]) ausgeführt. ich wiederholte es an Majiden.

Durch Abschneiden der Augenstiele blind gemacht, verhalten sich die Tiere ganz so wie die normalen, nur sind sie stark erregt und außergewöhnlich beweglich. Zufällig auf Meergras oder Papier gestoßen, führen sie eine Reihe von zusammengesetzten Maskierungstätigkeiten aus, und zwar in normaler Weise und in gewöhnlicher Ordnung, nur etwas eiliger, „nervös" und ohne die gewöhnliche „Pedanterie", wenn dieser anthropomorphische Ausdruck erlaubt ist.

Ein solches Tier hielt ich wochenlang im Aquarium. Vom Kleid gereinigt, kleidete es sich immerfort aufs neue.

So sind die Einflüsse der Augen, die Gesichts„eindrücke", das „Sehen" der Gegenstände des Milieus und des Maskierungsstoffes zu einem normalen Verlaufe der gegebenen instinktiven Tätigkeiten

---

1) Siehe kurze Notiz in: Journ. mar. biol. Associat., Vol. 1, No. 2 (October 1889), p. 213—214.

durchaus nicht unentbehrlich. Nicht in ihnen ist die Quelle der Reize zu suchen, die das Tier „seine Nacktheit zu hüllen" zwingen.

Wohl also „im Gehirn", in cerebralen Nervenzentren?

Wäre dies auch nach den vortrefflichen Untersuchungen von Bethe[1]) an der gewöhnlichen Krabbe (*Carcinus maenas*) und einer Reihe anderer Krebse und Insecten sowie nach den Versuchen von Loeb[2]) und seiner Schule an verschiedenartigen Gruppen der niedern Tiere nicht unwahrscheinlich, so bezieht sich doch keine von den genannten Arbeiten auf einen derart zusammengesetzten Instinkt, somit lassen sie alle in dieser Beziehung so manchen Zweifel bestehen.

Ich ging nun angesichts dessen daran, das Gehirn der *Maja* zu operieren.

Die Operation brachte ich nach der Trepanationsmethode zuwege, durch eine kleine Öffnung im Panzer, von der Ventralseite aus, dicht vor der Mundöffnung. Mittels eines kleinen Hakens mit scharfem Innenrande schnitt ich nach Ward und Bethe die beiden Connective durch, die die Cerebralmasse mit den verschmolzenen Ventralganglien verbinden, den einzigen Weg der Zentralkommunikation.

Die Majae vertragen die Operation der Gehirnabschneidung vortrefflich, auch dann sogar, wenn die Öffnung der Wunde überhaupt nicht verklebt wurde. (Gewöhnlich wird sie mit reinem Wachs verschlossen.)

Nachdem die Nervenerschütterung vorüber war, gewöhnlich schon nach einer knappen Viertelstunde, bleiben alle einfachen Reflexe des Tieres, sowohl die durch die Ventralganglien bedingten (also die Reflexbewegungen der Maxillarfüße, der Scheren- und der Gehfüße) wie auch die durch Cerebralganglien bedingten Reflexe der Antennen und Augen, intakt bestehen, wenn nur die Operation gut ausgeführt wurde.

Einige Zeit nachher sind auch alle zusammengesetzten Reflexe wiederhergestellt: Nahrungsaufnahme, koordinierter Gang, die „Abwehr"-Bewegungen, das Reinigen des Panzers, Koordination der

1) A. Bethe, 1. Das Centralnervensystem von Carcinus maenas, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 50 (1897) und Vol. 51 (1898). 2. Vergleichende Untersuchungen über die Funktionen des Centralnervensystems der Arthropoden, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 68 (1897).

2) J. Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie, 1899. Erste Hälfte des Buches.

Bewegungen der die Nahrung zuführenden Scheren mit den kauenden Bewegungen der Maxillarfüße und der Kiefer usw.

Der Unterschied zwischen einem operierten und normalen Tier reduziert sich auf eine bedeutende Abnahme der Muskelkraft im allgemeinen, insbesondere aber der Streckmuskeln der Extremitäten.

Daher hängen die Maxillarfüße z. B. etwas lose abwärts, und das Kauen ist nicht imstande, harte und große Nahrungsstücke zu bezwingen. Infolgedessen ist das Tier auch längere Zeit nicht fähig vorwärts zu schreiten, es stößt mit dem Kopfe und fällt dann gewöhnlich um, wobei es sich nachher auf den Rücken legt.

All dies unterscheidet sich bei *Maja* in nichts von andern, von Albrecht Bethe so schön und umständlich analysierten Krebsen.

Geradeso ist auch der Mangel von reflexhemmenden Erregungen wahrzunehmen. Eine *Maja*, die mit der rechten Schere einen linksseitigen Fuß zu kratzen beginnt, tut dies langsam, methodisch, oft geradezu endlos, so daß die Geduld des Beobachters erschöpft wird. Wir können aber diese Tätigkeit unterbrechen, indem wir einen andern Körperteil reizen, z. B. die Haken eines andern Fußes oder diejenigen des Rückens. Nun richtet das Tier all seine Anstrengungen auf diesen neuen Punkt, soweit es imstande ist, ihn mit dem geschwächten Fuß zu erreichen.

Wieweit die Muskelkraft der Gliedmaßen abgenommen hat, zeigt die Tatsache, daß die von mir operierten Majiden der Autotomie unfähig sind. Zu diesem Zwecke schnitt ich zu wiederholten Malen die Englieder irgendeines Fußes ab, und zwar auf dieselbe Weise, wie ich das an normalen Tieren auszuführen pflegte, die das beschädigte Glied an der von L. Frédéricq beschriebenen Stelle unverzüglich lostrennten. Die operierten haben die dazu nötige Kraft nicht mehr. Der verwundete Fuß blutet. Die Erregung ist so stark, daß das arme Tier fortwährend erfolglose Anstrengungen macht, den Stumpf abzuwerfen, hierauf nähert es der verwundeten Gliedmaße andere Füße, anfangs die derselben Seite, dann auch der entgegengesetzten, packt so mit ihnen den verwundeten Fuß, zieht ihn an sich heran, faßt ihn mit der Schere und so, dank den koordinierten allgemeinen Anstrengungen, gelingt es ihm manchmal, den das Tier reizenden Fuß endlich abzubrechen. Es bleibt ein gewöhnlicher kurzer Stummel, der nicht blutet und sofort — wie gewöhnlich bei Autotomie — mit einer dünnen Haut vernarbt.

Diese interessante Tatsache veranlaßte mich zu gewissen Be-

obachtungen über den Vorgang der Autotomie, was aber hier nicht erörtert werden kann.

Angesichts einer so bedeutenden Abnahme der Muskelkraft war es natürlich kaum zu erwarten, daß die *Maja* imstande wäre, Maskierungsbewegungen auszuführen, die ein Zurückschlagen der Scheren über den Rücken erfordern. Ich hegte also keine besondere Hoffnung bezüglich einer Erklärung des mich interessierenden Instinktproblems. Dennoch unterließ ich fernere Untersuchungen nicht. Ich wählte dazu große, starke, über 10 cm lange Exemplare von *Maja*.

Vor allem bemerkte ich, daß diejenigen, deren Befinden besser war, oft Wassergras oder Papierstücke mit dem Fuß ergriffen, sie zum Munde führten, eine Zeitlang zerknitterten, um sie alsdann mit dem Fuß gewöhnlich vor sich hinzuwerfen.

Ebenso pflegten sie überaus häufig mit der Nahrung zu verfahren, die sie sonst kauten und schluckten.

Da die Geruchsorgane (die Hinterantennen) samt den entsprechenden Ganglien von den Ganglien der Maxillar- und Gehfüße abgeschnitten waren, so waren jene oben erwähnten, voneinander verschiedenen Reaktionen gegen verschiedene, mit dem Mund in Berührung kommende Gegenstände ausschließlich von den peripheren Organen der Maxillarfüße, der Maxillen etc. wie auch von den betreffenden Ventralganglien abhängig. Übrigens sprechen dafür hinreichend die differenzierten Operationen von Bethe, der verschiedene Ventralganglien voneinander trennte. Hingegen hängt das Führen der Gegenstände zum Munde ausschließlich von den Taktilempfindungen der Scherenfinger ab, was klar durch die Tatsache bezeugt wird, daß die von mir in die Scheren einer ganz ruhig liegenden Krabbe so sachte als möglich gesteckten Seidenpapierstücke das Tier veranlaßten, sie zu ergreifen und emporzuheben. Es zeugt dies zugleich von einer außergewöhnlich entwickelten Taktilempfindlichkeit der Scherenfinger.

Die oben angeführte Tatsache, das Reinigen des Körpers, insbesondere der Haken, beweist an und für sich eine nach der Operation bewahrte, große Taktilempfindlichkeit des Panzers, insbesondere der Haare und Haken. Werden die letztern mit einer Nadel oder Borste gereizt, dann ruft dies immer Abwehr- oder Reinigungsbewegungen der Scheren hervor. Es muß diese Empfindlichkeit hochentwickelt sein, wenn das Tier ohne jeden sichtbaren Reiz von außen, ganz spontan, wie es scheinen will, aus seiner Gleich-

gewichtslage gerät, den Fuß hebt, eine der Extremitäten unter sich biegt und die mit Haken versehene Außenseite derselben zu kratzen beginnt.

Es ist dies in zweifacher Hinsicht ungemein interessant. Es zeigt erstens, daß die „Reinigungs"bewegung sich in nichts Wesentlichem von den oben beschriebenen Bewegungen „des Anheftens" unterscheidet, und daß die auslösende und richtungsgebende Ursache bei beiden dieselbe sein muß, nämlich die Taktilempfindlichkeit der Haken, — zweitens, daß die angeblich spontanen Bewegungen nach dem Abtrennen der Gehirncommissuren stattfinden und daß dieselben von winzig kleinen, dem Beobachter entgehenden Reizungen der peripheren Organe abhängen müssen, die durch Außenreize oder von innen durch innere Veränderungen im physiologischen Gleichgewicht des betreffenden Organs verursacht werden. An den operierten Majae beobachtete ich auch mehrmals spontane ohne jede sichtbare äußere Ursache auftretende Bewegungen des Vorwärtsschreitens wie auch ebensolche Bewegungen „des Bodenabsuchens" mit den Scheren.[1])

Dies bestärkte mich in folgender Überzeugung: Wenn bei den

1) In bezug auf die spontanen Bewegungen nach Gehirnabtrennung könnte — was auch nach meinem Vortrag in Roscoff getan wurde — eingewendet werden, es sei ja möglich, daß die Durchschneidung der Längscommissuren noch nicht über den Ausschluß eines jeglichen Gehirneinflusses entscheidet; möglich, daß noch eine periphere Kommunikation zurückbleibt, u. zw. mittels eines peripheren Nervennetzes, z. B. des Nervus tegumentarius. Als Antwort habe ich damals auf die bereits erwähnten schönen Beobachtungen von Wladimir Wagner an vollständig dekapitierten Insecten (z. B. *Blatta germanica*) und Myriopoden (*Geophilus longicornis*), hingewiesen. Die Tiere besaßen nicht nur die Fähigkeit „spontaner" Bewegungen, sondern — trotz Dekapitierung — die Fähigkeit, aus ihrer individuellen Lebenserfahrung Nutzen zu ziehen, ihre Bewegungen unter Wirkung sich wiederholender Reize zu ändern, kurz gesagt, sie waren imstande zu lernen.

Unlängst dekapitierte ich (in Villefranche) die eigentümliche *Phronima sedentaria*. Trotzdem daß dies ein pelagisches, überaus zartes Tier ist und das Leben in Gefangenschaft der Aquarien nicht verträgt, führt es doch einige Stunden nach Dekapitierung normal und ohne von außen angereizt zu werden, Bewegungen von allerlei Art aus, wie Atmungs- und Schwimmbewegungen, Bewegungen des Anheftens an Tönnchen, der Reinigung mit den Gnathopoden des Abdomens usw. All dies geht mit Pausen und unter einem jedesmal quasi spontanen Erneuern der Handlungen vor sich. — Eine Analogie mit den Majae dürfte — glaube ich — diesen Einwand entkräften.

Majae mit abgetrenntem Cerebralganglion das Maskieren nicht auftritt, dann wirkt irgendeine sekundäre Ursache, wie z. B. die Schwächung der Streckmuskeln der Scheren.

Es gelang mir endlich, die Maskierung selbst zu beobachten. Das Tier hatte Papierstücke ergriffen und bemühte sich, dieselben an die Extremitäten oder an den hintern Teil des Rückenpanzers zu heften, das letztere, wenn es auf dem Rücken lag. Später hatte ich dasselbe öfter bei einigen großen, starken Majae hervorgerufen, indem ich ihnen Papier in die Scheren steckte. Auch sah ich das Anheften von weggeworfener Nahrung, was übrigens auch bei normalen Tieren zu sehen ist.

Als ich eines Tages meinen Arbeitskollegen in Roscoff jene Bewegungen einer operierten *Maja* zeigte und, um sie zum Vorwärtsschreiten zu bewegen, stark am Rücken reizte, schlug das Tier plötzlich mittels einer außergewöhnlichen Anstrengung den Fuß über den Rücken zurück und griff nach den Haken der gereizten Stelle. Mehreremal noch bekam ich das zu sehen, sowohl bei dem erwähnten wie auch bei einem andern Tier, gewöhnlich erst dann, wenn ich es auf den Rücken gelegt und nach einiger Zeit wieder umgekehrt hatte. Dann führte das Tier die genannte Bewegung aus — die schwierigste unter den Bewegungen, die die Bestandteile der Maskierungsreihe bilden.

Ich erlangte also wider alles Erwarten vollkommen befriedigende Ergebnisse.

Taktilerregungen der Rückenhaken verursachen Bewegungen behufs Reinigung derselben und zum Anheften verschiedener Gegenstände, die das Tier in den Scherenfingern hält. Das Ergreifen von Objekten ist von der Taktilempfindlichkeit der Scherenfinger abhängig. Die Bewegungen, mit welchen das Tier einen Gegenstand zum Munde führt, ihn zerknüllt und zerreißt, unterscheiden sich in nichts von solchen beim Verzehren der Nahrung und hängen von taktilen und chemischen Erregungen der Maxillarfüße ab. Von diesen Erregungen ist auch die Wahl, das Verschlucken oder Fortwerfen des betreffenden Gegenstandes abhängig.

Alle diese Bewegungen, wie auch ihre Koordination,

erfordern, um erfolgreich ausgeführt zu werden, allein die Einübung der genannten peripheren Organe, der betreffenden Muskeln sowie der Reflexnerven, die die Ventralganglien durchziehen. Die Cerebralzentren des sog. „Gehirns“ sind zur Ausübung oben genannter Reflextätigkeiten nicht unentbehrlich, sowohl im einzelnen wie in ihrer gegenseitigen Verknüpfung zu der zusammengesetzten Reihe des Maskierungsinstinkts in seinem vereinfachten, der chromatischen Zweckmäßigkeit entbehrenden Modus.

Hingegen sind zur Bestimmung der Farbe des maskierenden Stoffes sowie derjenigen des Aufenthaltsortes die Cerebralzentren unentbehrlich notwendig, da sie die Bahnen der Gesichtsempfindlichkeit enthalten. Da aber diese Bestimmung ihrem Wesen nach bewegungsartig, chromotropisch sein muß, so ist auch für diese Phase des Instinkts die Gesamtheit der Leitungsbahnen unentbehrlich, die die optischen Ganglien (im allgemeinen Cerebralganglien) mit der Masse der ventralen Extremitätenbewegungszentren verbinden, d. i. die Gesamtheit der Längscommissuren.

Bei einem normalen Tier bilden die chromotropischen Reaktionen jedesmal die erste Phase des Instinkts, die völlig selbständig ist, unabhängig davon, was nachher folgt. Dagegen die Maskierung selbst bildet zeitlich die zweite Phase, die aber wieder ganz unabhängig ist und nach unserm experimentellen Beweise auch nach vollständiger Beseitigung der chromotropischen Reaktionen erfolgen kann.

Natürlich bildet sie die Grundlage, den Kern des Instinkts, der unter normalen Lebensbedingungen im Meere, unter Wasserpflanzen (Algen) und Hydropolypen im allgemeinen zu Maskierungszwecken gewiß ausreichen würde. Die Natur versah aber die Krabben noch mit einer außerordentlichen, eigentümlich verfeinerten Empfindlichkeit gegen chromatische Einflüsse des Milieus und verlieh ihrem Instinkt einen ungewöhnlichen Reiz von Schönheit und Vollkommenheit.

Dies ist in Kürze alles, was ich in der betreffenden Frage festzustellen vermochte.

Wohl weiß ich, wie weit die hier durchgeführte biologische

Analyse des Instinkts von dem Ideale entfernt ist, das die Wissenschaft in dieser Hinsicht hegt und das auch mir nicht fremd ist.

Ich bin mir dessen bewußt, daß da eine ganze Reihe von Fragen unberührt beiseite blieb, die eine Lösung erfordern würden: was ist das Wesen des Chromotropismus und der Tropismen überhaupt? worin besteht die Änderung des physiologischen Zustandes des Organismus, die eine Änderung der Richtung der tropischen Bewegungen verursacht? worin besteht jene eigentümliche chromokinetische Resonanz, jene direkte zweckmäßige Anpassung? . . . und vieles andere.

Nun weiß ich aber auch, daß die sich aus meiner Arbeit neu ergebenden Fragen keineswegs schwieriger sind als die sehr alten: was ist das Wesen des Reflexes? was ist Erregung durch äußere Reize? was der Vorgang der Nervenleitung? u. dgl. m.

Ich versuchte es nicht und konnte es auch hier nicht versuchen, die eine oder andere dieser Fragen zu lösen. Für so manche unter ihnen mag vorliegender Beitrag eine vielleicht noch sehr weite Etappe sein im ununterbrochenen Vorwärtsschreiten der Wissenschaft.

Ich wollte nur die Analyse des Instinkts so weit durchführen, wie dies im gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft über die Lebenserscheinungen möglich war.

Möge man mir die Lücken in der Ausführung dieses bescheidenern Unternehmens nachsehen.

III. Ergänzender Teil.

Aus Vorigem sich ergebende Probleme und Ausblicke für die Zukunft.

„Noch manche Meerfahrt, viele Waffengänge, der sieggekrönten Kämpfe noch die Menge“ . . .
Stanislaw Wyspiański, Legende.

Wie mich der enge Rahmen dieser allgemeine Probleme behandelnden Schrift bereits im vorhergehenden Teil gezwungen hat, die experimentellen Ergebnisse meines Studiums so eng wie möglich zu fassen und oft von ungemein interessanten biologischen Tatsachen abzusehen, so bin ich auch jetzt gezwungen, den Umfang der aus Vorigem sich ergebenden Schlüsse möglichst einzuschränken.

Wenn auch diese Schlüsse zu der Frage des Instinkts in keiner Beziehung stehen und somit außerhalb des Gebietes dieser Arbeit liegen, sind sie doch, wie man ersehen wird, für die weitern Forschungen auf dem Gebiete der allgemeinen Biologie, vergleichenden Physiologie und Psychologie des Farbensehens von solcher Wichtigkeit, daß ich es für eine ernste Pflicht halte, dieselben schon an dieser Stelle zu berücksichtigen.

Ich beginne mit den Fragen, die bereits im vorigen Teil gelegentlich berührt wurden.

1. Die Feststellung der chromotropischen Erscheinungen bringt ein gewisses neues Moment in das Forschungsgebiet über den Synchromatismus (Mimetismus) der Tiere.

Von nun an ist dies nicht nur eine Übereinstimmung der Färbung mit der Umgebung (d. i. Synchromatismus in engerm Sinne), sondern zugleich eine eventuelle „chromotropische Wahl" des Farbenmilieus, dem sich das Tier unvermeidlich zuwendet, um nachher in den Grenzen seines geradezu rätselhaften Einflusses zu verbleiben.

Dieser Punkt vor allem sollte die Aufmerksamkeit der Biologen auf sich lenken.

Es wäre die gegenseitige Abhängigkeit beider Faktoren des Synchromatismus zu erklären. Es wäre die Reihe der bekannten Fälle von Mimetismus aufs neue zu untersuchen, um die verschiedenen Abhängigkeitstypen jener Faktoren festzustellen. Die Ergebnisse dürften sich sehr interessant gestalten, nach gewissen wissenschaftlichen Beobachtungen zu schließen, z. B. denen von Wladimir Wagner über die Abhängigkeit des Verhaltens der Spinnen von der Färbung ihres Körpers und ihrer Kokons.[1])

Besondere Aufmerksamkeit wäre den Fällen von polychromem (vielleicht panchromem) variablen Synchromatismus zu schenken, der z. B. bei *Hippolyte varians*, nach den Ergebnissen von Keeble u. Gamble, eng mit dem synchromatischen variablen Chromotropismus verbunden ist. Ähnliche Fälle sollten von diesem neuen Standpunkte aus einer eingehenden experimentellen

1) W. Wagner, Über Färbung und Mimicry bei den Tieren, in: Trav. Soc. Naturalist. St. Pétersbourg, Vol. 31, Heft 2 (1901). Russisch. Resumé deutsch.

Analyse unterzogen werden. Auch sollte man nach andern, analogen Fällen suchen, da man, wie gesagt, nicht wissen kann, ob es uns nicht gerade hier glücken würde, einer Erklärung des Wesens der direkten Anpassung näher zu kommen, wenn auch nur jener ursprünglichen Form chromatischer Adaptation.

Noch eingehender wäre meines Erachtens die Abhängigkeit der synchromatischen Änderungen von Gesichts- und Nerveneinflüssen zu untersuchen. Die bisherigen Ergebnisse, sowohl die ältern von Pouchet [1]) wie auch die neuern von Keeble u. Gamble [2]) und Victor Bauer [3]), sind entschieden unzureichend und nicht immer übereinstimmend. Es hängt indessen von der Entscheidung dieser Frage in der oder jener Richtung ungemein viel ab, in bezug auf kausale Auffassung des variablen Synchromatismus, wenigstens in solchen Fällen, wo die Färbung, wie bei *Hippolyte*, durch besondere Zellen, sog. Chromatophoren, bestimmt wird. Es würde dies, glaube ich, ein helles Licht auf das dunkle Problem der chromokinetischen Resonanz werfen, die bei den von uns untersuchten Krebsen in so eigentümlicher Vollkommenheit auftritt.

Von ganz besonderer Tragweite aber wäre die Erforschung dieser Form der direkten Anpassung für die Beurteilung, ob und inwiefern die Selektionstheorie im allgemeinen (ob in Darwin'schem oder Weismann'schem Sinne) und bezüglich des „Mimetismus" und „Mimikry" im besondern einen wissenschaftlichen Wert beanspruchen können.

Vielleicht schon bald werde ich mich darüber ausführlicher äußern können. Für heute kann ich nur bemerken, daß die bis jetzt erlangten experimentellen Ergebnisse sowohl von mir wie auch von Poulton [4]), Keeble u. Gamble bezüglich der Tiere und von Gaidukow [5]) bezüglich der Pflanzen den genannten Theorien keineswegs günstig sind.

---

1) G. Pouchet, Les changements de coloration sous l'influence des nerfs, in: Journ. Anat. Physiol., Vol. 12 (1876).

2) Keeble and Gamble, l. c., part 2 (1904).

3) V. Bauer, Über einen objektiven Nachweis des Simultankontrastes bei Tieren, in: Ztrbl. Physiol., Vol. 10, No. 14 (1905).

4) E. B. Poulton, Eine Reihe experimenteller Arbeiten über Färbungsänderungen der Schmetterlinglarven, vom J. 1888 an, d. i. von der Arbeit „An enquiry into the cause and extent of a special colour-relation between certain exposed Lepidopterous pupae and the surfaces which immediately surround them", in: Phil. Trans. Roy. Soc. London, Vol. 178.

5) N. Gaidukow, Über den Einfluß farbigen Lichts auf die Färbung

2. Die Feststellung der Tatsache, daß in Fällen des synchromatischen variablen Chromotropismus die chromotropische Stimmung, die durch Resonanz unter dem Einflusse des Farbenmilieus veranlaßt wird, noch eine Zeitlang nach Aufhören jenes Einflusses fortdauert, vermehrt die Zahl der bereits bekannten Erscheinungen des physiologischen Gedächtnisses. Es sind dies meistens erst neuerlich festgestellte Tatsachen, aus allerlei Gebieten des Lebens, verschiedenen Umfanges und verschiedener Bedeutung. Francis Darwin im Verein mit Dorothea Pertz veranlassen die äußerste Spitze junger Pflanzenstiele mittels rhythmischer Reize zu rhythmischen Bewegungen, die auch nach Entfall der Reizwirkung eine Zeitlang fortdauern; ein typisches Beispiel des von den Engländern sog. „after-effect", gleichsam eines Memorisierens durch den Organismus der Bewegungen, die vorher durch unmittelbare äußere Reize hervorgerufen wurden.[1])

Georges Bohn beobachtete an winzigen Würmern und Weichtieren, welche der bei jeder Ebbe entblößten Uferzone angehören, periodische Änderungen von Bewegungen und Tropismen, die, nachdem das Tier dem Einflusse des periodischen Wechsels des natürlichen Milieus — der Ebbe und Flut — entzogen wurde, noch einige Tage fortdauern. Mit jedem Tage tritt jene eingeprägte Periodizität der Tätigkeiten immer schwächer auf, bis sie schließlich ganz verschwindet. Der Organismus verliert sein physiologisches Gedächtnis.[2])

Noch interessantere Beobachtungen wurden von Keeble u. Gamble in ihren schon oft zitierten Arbeiten über *Hippolyte* gemacht. Unter normalen Bedingungen wird *Hippolyte* jede Nacht, nach Verschwinden des Lichteinflusses, bleich, verliert die Tagesfarben und nimmt einen hellblauen Ton an. Wird sie nun einer unveränder-

---

lebender Oscillarien, in: Abhandl. Akad. Berlin, 1902, wie auch spätere kurze Artikel in: Verh. Deutsch. botan. Ges., besonders der neueste, betitelt „Die komplementäre chromatische Adaptation bei Porphyra und Phormidium", Vol. 24, Heft 1 (1906).

1) Fr. Darwin and Dorothea Pertz, On the artificial production of rhythm in plants, in: Ann. Bot., Vol. 17, No. 65 (1903).

2) G. Bohn, Eine Reihe von Schriften in: CR. Acad. Sc. Paris, in: CR. Soc. Biol., in den Publikationen d. Instit. génér. Psychol., z. B. Sur les mouvements oscillatoires des Convoluta roscoffensis, in: CR. Acad. Sc. Paris, 1903, oder Interventions des influences passées dans les mouvements actuels d'un animal, in: CR. Soc. Biol., 1904 usw.

lichen Beleuchtung oder beständiger Dunkelheit ausgesetzt, so ändert sie trotzdem in entsprechenden Zeitabständen ihre Farbe, als würde die Wechselfolge von Tag und Nacht in ihrem physiologischen Gedächtnis fortdauern und sich in den Bewegungen der Chromatophoren äußern. — Das „Gedenken“ oder „Fortdauern“ der chromotropischen Stimmung bei *Maja* und *Hippolyte* gehört nicht in das Gebiet der periodischen Funktionen, wie die eben angeführten Tatsachen, verdient nichtsdestoweniger beachtet zu werden, ja vielleicht eben deshalb eine um so größere Beachtung, als es sich um eine Tatsache handelt, die sich nur auf ein spezielles, und zwar auf das chromokinetische Gebiet bezieht und zur Erklärung der anatomisch-physiologischen Determinierung der Erscheinung beitragen könnte.

Die Determination der Resonanz selbst wie auch ihres Fortdauerns in Form von chromotrophischer Stimmung ist vor allem in Veränderungen in den Netzhautelementen zu suchen, da von ihnen in erster Reihe sämtliche chromotropischen Erscheinungen bei unsern Krebsen abhängen dürften. Gewisse Punkte dieser Netzhautdeterminierung lassen sich leicht voraussehen, und ihr Nachweis wird wahrscheinlich keine besondern Schwierigkeiten bieten. Es ist darunter die Bewegung des Augenpigments gemeint, die unter verschiedenen chromatischen Einflüssen sich gewiß verschiedenartig gestaltet. Es wäre zu erwarten, wenigstens nach verschiedenen Arbeiten von Michalina Stefanowska, Wanda Szczawińska, S. Exner etc. etc. an bis auf die für mich interessantesten Beobachtungen von Parker[1]) und Smith[2]). Diese Arbeiten handeln zwar ausschließlich vom Einfluß des weißen Lichtes und der Dunkelheit auf die Pigmentbewegung der Arthropoden überhaupt, doch scheinen andere in den Arbeiten von Pergens, Lodato u. A. enthaltene Beobachtungen über den Einfluß farbiger Strahlen auf die Netzhaut der Wirbeltiere, Fische und Frösche, mittelbar dafür zu sprechen, daß ich mich in meinen Erwartungen nicht täusche. Man müßte nur ein entsprechendes Untersuchungsobjekt ausfindig machen.

---

1) G. H. Parker, Photomechanical changes in the retinal pigment cells of Palaemonetes, and their relation to the central nervous system, in: Bull. Mus. comp. Zool. Harvard Coll., Vol. 30, No. 6 (1897).

2) G. Smith, The effect of pigment-migration in the phototropism of Gammarus annulatus, in: Amer. Journ. Physiol., Vol. 13 (1905) (mir aus einem Referat bekannt).

Die von Smith festgestellte enge Korrelation zwischen der (±) Richtung der phototropischen Bewegung und der Lage des Augenpigments bei *Gammarus* läßt bei unsern Krebsen ein ähnliches Verhältnis zu den Farbenstrahlen erwarten, um so mehr, als wir bei *Hippolyte* eine Abhängigkeit zwischen den Veränderungen der Körperfärbung und des Chromotropismus wahrgenommen haben. — Doch die von Parker beobachtete Tatsache, daß zu der Rückkehr des Pigments in seine frühere Gleichgewichtslage nach Aufhören der Lichteinwirkung mehr Zeit nötig ist als früher zu seiner Verlagerung, läßt mich annehmen, daß jene fortdauernde chromotropische Stimmung der von mir untersuchten Krebse ebenfalls mit einem korrelativen Fortdauern entsprechender Lagerung des Augenpigments zusammenhängt.

Ein Nachweis dieser Tatsachen wäre ungemein interessant und wichtig und auf histologischem Wege durchaus nicht unmöglich.

Ich gebrauche absichtlich den Ausdruck „korrelative Änderungen", da ich die Bewegungen des Augenpigments keineswegs für die einzige anatomisch-physiologische Bedingung halte, die die Erscheinungen der chromokinetischen Resonanz allein bestimmen dürfte. Es ist vielmehr möglich, daß sie nicht einmal die Hauptbedingung bildet, ähnlich wie die Pigmentbewegungen im Menschenauge und die Veränderungen des sog. Sehpurpurs nicht die einzige und genügende Bedingung für den Verlauf unseres Farbensehens ausmachen. Sie sind aber eine objektive, leicht zu erforschende Tatsache, deren Feststellung bei den mit variablem Chromotropismus ausgestatteten Krebsen einen vielverheißenden Anfang zur Lösung dieses komplizierten Problems bilden würde.

---

3. Die Feststellung der chromotropischen Empfindlichkeit der niedern Tiere, besonders mit einem so objektiven Beweis an der Hand wie dem der Farbe des Milieus entsprechenden Kleid der Majiden, bringt ein neues und hoffentlich fruchtbares experimentelles Element in den langwierigen Streit über das Verhältnis der Insecten zu den Blumen. Jener Streit ist bekanntlich von überaus großer Bedeutung für die selektionistische Evolutionsauffassung im allgemeinen und der Evolution der Blütenpflanzen im besondern geworden, bediente sich doch schon Darwin

des Beispiels der eigentümlichen Anpassungen der Blumen zur Heranlockung der sie unwillkürlich befruchtenden Insecten als eines seiner triftigsten Belege für die selektionistische Auffassung der Organismenentwicklung. Es ist also nicht zu verwundern, daß man sich bemühte, einerseits eine überaus große Empfindlichkeit der Insecten (insbesondere der Bienen) gegen die Blütenfarbe zu beweisen, während andrerseits diese Empfindlichkeit bis Null reduziert wurde. Alles das — wie bereits gesagt — ohne Resultat.

Nach dem, was oben über den Chromotropismus, seine Veränderungen und Abarten angeführt wurde, ist der Schluß mancher neuern Forscher, wie FELIX PLATEAU, ALBRECHT BETHE und auch J. P. NUEL: „Ce serait la quantité totale de la lumière, et non sa qualité, qui attirerait les insectes ... La couleur n'est pour rien dans ce phénomène. Seule l'intensité lumineuse est déterminante"[1]) — als etwas voreilig zu betrachten.

Bis heute sind mir keine einschlägigen Untersuchungen bekannt, die sämtliche den Chromotropismus betreffenden Möglichkeiten gleichmäßig und einwandfrei berücksichtigten. Vor allem müßten die Forscher künftighin besonders beachten, daß sich in ihren Versuchen Einflüsse verschiedener Farben, gleichgültig ob übereinstimmend oder dissonierend, miteinander nicht kreuzen, wodurch die ihnen eigne tropische Einwirkung verringert oder gar gegenseitig ganz aufgehoben werden könnte. Ferner müßten die Experimente an jeder Species besonders unternommen werden, da, wie wir gesehen, verschiedene Tierarten sich in der Qualität ihres Chromotropismus voneinander unterscheiden, und die bis jetzt fast ausschließlich gebrauchte statistische Methode, soweit sie nicht jede Species besonders berücksichtigt, kann leicht der Wirklichkeit entgegengesetzte oder ihr nicht vollständig entsprechende Resultate liefern. Endlich muß man in manchen Fällen auch das im Auge behalten, daß selbst im Gebiete derselben Art chromotropische Variationen stattfinden können, die, sei es vom Alter, Sexualleben, sei es von andern physiologischen Bedingungen des Individuums, hier von Nebeneinflüssen abhängen, wie wir es bei den Krebsen und Würmern wahrgenommen haben.

Erst solche Untersuchungen, welche den oben angeführten, wenigstens den zwei erstern Bedingungen genau entsprächen, würden

1) J. P. NUEL, La Vision, in: Bibl. intern. Psychol. expérim. Paris. 1904, p. 113.

der wissenschaftlichen Wahrheit sich nähernde Ergebnisse liefern. Es ist dies eine Aufgabe der Zukunft.

4. Die Feststellung des Chromotropismus im allgemeinen, seiner natürlichen Veränderungen aber im besondern (*Hippolyte*, *Maja*), erweckt ernste Zweifel an der Richtigkeit der unter Neurophysiologen ziemlich verbreiteten Meinung, als würden „nur die Intensitätsdifferenzen der Erregungen von den Centren benützt“.[1]) Es sind uns zwar im Nervenvorgang selbst bis jetzt die Unterschiede nicht bekannt, welche die synchromatische Veränderlichkeit der Tropismen bzw. der Reflexe bestimmen; wie immer aber jene Vorgänge geartet sein mögen, bleibt es Tatsache, daß verschiedenfarbigen Strahlen gewisse Unterschiede in der Leitung der betreffenden Erregung entsprechen müssen, nachdem die chromotropische Bewegungsreaktion entsprechend sich ändert.

Jene Erregung aber durchläuft bei *Maja* oder *Hippolyte* immerhin die Zentren.

Wo gibt es übrigens experimentelle Daten darüber, daß wirklich „nur die Intensitätsdifferenzen der Erregungen von den Zentren benützt werden?“

Man kann zwar sagen, das ganz feststehende entgegengesetzte Beweise bis jetzt nicht vorhanden waren; mit Recht hat Willibald Nagel vor kurzem geschrieben: „Dieser Nachweis qualitativ verschiedenartiger Erregungswirkung der Strahlen verschiedener Brechbarkeit ist wenigstens, soweit mir bekannt, in keinem einzigen Falle mit Sicherheit und einwandfrei geführt.“ [2]) Die oben geschilderte herrschende Auffassung des Phototropismus von Loeb war dieser Meinung günstig. Die apriorische, von Physiologen fast allgemein geteilte philosophische Voraussetzung, als hätten allein die qualitätlosen Äußerungen der objektiven Welt ein reales Sein, während alle Qualitäten rein subjektiver Natur wären, ließ aber jener wiederholt zitierten physiologischen Behauptung von Uexküll ruhig zustimmen. Abgesehen von der Willkür und erkenntnistheoretischen Grundlosigkeit jener Voraussetzung, könnte man, selbst ihre Richtigkeit zugegeben, nicht begreifen, weshalb die Farbe des Lichts für die Physiologen

1) Jakob Uexküll, Psychologie und Biologie in ihrer Stellung zur Tierseele, in: Ergebn. Physiol., Jg. 1, Abt. 2 (1902), p. 232.

2) W. A. Nagel, Der Farbensinn der Tiere, Vortrag, Wiesbaden 1901, p. 19.

eine Qualität sein sollte, wenn dieselbe in der modernen Physik und Physiologie durch Bestimmung der Wellenlänge ausgedrückt wird, also durch Quantität, gleich der die Lichtintensität bestimmenden Wellenamplitude, und wenn der Physiologe gezwungen ist, die Objektivierung seiner Farbeneindrücke in den Vorgängen der Nervenbahnen und -zentren zu suchen.

Nach all dem über den Chromotropismus der Tiere hier Gesagten sind Zweifel wie die von NAGEL nicht mehr am Platze; es erscheint vielmehr, wie ich glaube, möglich anzunehmen, daß die Nervenbahnen (bzw. Nervenzentren) auch die sog. qualitativen Unterschiede der Erregungen leiten und ausnützen; die Annahme bezieht sich wenigstens auf die durch Wellenlänge resp. Schwingungsgeschwindigkeit bedingten Unterschiede der Lichterregungen.

Es scheint mir dies außerordentlich wichtig zu sein, nicht allein für die allgemeine Nervenphysiologie, sondern hauptsächlich für die Psychophysiologie des Farbensehens.

5. Wo immer man bis jetzt die vergleichend-biologische Methode anzuwenden versuchte, hatte sie die Probe stets siegreich, oft glänzend bestanden. Ihre Bedeutung wächst von Tag zu Tag, und sie umfaßt bereits heute Gebiete, die uns noch gestern völlig unzugänglich waren.

Eines der schlagendsten Beispiele liefert obige Analyse des Maskierungsinstinkts. Die neuen Tatsachen, die die Möglichkeit dazu gaben, erschließen uns einen neuen Weg zur Erforschung der Erscheinungen des Farbensehens (d. i. chromatischer Eindrücke): „Es müssen diese Forschungen sich als Ziel setzen, nicht Spekulationen über Gesichtssubstanzen („hypothetische Substanzen, deren Vorhandensein gar nicht nachgewiesen wurde und deren Eigenschaften durch nichts gekennzeichnet sind“), sondern die Erforschung sachlicher Äußerungen, durch die wir jene Erscheinungen ebenso objektiv wie die physischen untersuchen könnten. Demgemäß müssen und werden auch die Forschungsmethoden von jenen, die bis jetzt von der physiologischen Optik benützt werden, grundverschieden sein.“ [1])

---

1) W. HEINRICH, Teorye i wyniki badań psychologicznych. I. Badania wrazeń zmyslowych (1902), Warschau. (Theorien und Ergebnisse psychologischer Forschungen. I. Forschungen der Sinneseindrücke.)

Wahrlich prophetische Worte des Krakauer Psychologen und Philosophen.

Nun bietet sich uns eine dieser objektiven Methoden: vergleichend-biologische und experimentelle Untersuchung der Erscheinungen des Chromotropismus in der Reihe der Tierwesen, vollkommen objektiver, weil in Bewegungen bestehender Äußerungen, die dabei derart bewunderungswürdige und auffallende Ähnlichkeiten mit den Erscheinungen unserer Farbenempfindungen aufweisen, daß sich dem vorurteilsfreien Beobachter unwillkürlich die Möglichkeit eines Vergleichs behufs weiterer Untersuchungen von selbst aufdrängt.

Über die ersten schüchternen, da auf ganz neuem und kärglichem Stoff gegründeten Versuche in dieser Richtung habe ich im Dezember 1906 in den Publikationen der Pariser Akademie (Vol. 143. No. 23) berichtet.

Ununterbrochene weitere Experimentaluntersuchungen wie auch ein tieferes Eindringen in die physiologisch-optische Literatur brachten mir seitdem nicht nur die Gewißheit, daß meine ersten Versuche kein Irrtum waren, sondern gestatten mir zugleich den Kreis der Zuordnungen zu erweitern und gewisse einzelne Probleme endgültig zu präzisieren.

Eine theoretische Begründung dieser neuen Methode, überflüssig für den Biologen, der sich stets im Kreise genetischer Beweisführungen bewegt, kann von Philosophen und Psychologen mit Recht beansprucht werden. Sie bietet keine besondern Schwierigkeiten.

Wenn wir nämlich zugeben [1]), daß auch die Psychophysiologie, wie jede andere Naturwissenschaft, ursächliche Erklärungen einzig und allein auf dem Gebiete zugeordneter Erscheinungen der objektiven Welt suchen und erforschen kann, da Bewußtseinszustände, als Tatsachen der unmittelbaren Erfahrung, kein Problem der wissenschaftlichen Erkenntnis bilden können, dann müssen wir dies natürlich auch auf die Tatsachen des Farbensehens anwenden. Nun müssen wir auch hier, wie sonst überall, einen jeden Versuch verwerfen, gegebene bewußte Farbenempfindungen (z. B. Weiß) auf andere, angeblich einfachere, elementare (z. B. Rot + Grün + Blau oder Violett, nach der Theorie von Young-Maxwell-Helmholtz-Natanson) zurückzuführen, da dies ein prinzipieller er-

1) Siehe d. I. Teil vorl. Arbeit.

kenntnistheoretischer Fehler wäre, der natürlicherweise zu immer neuen Verwirrungen und Widersprüchen führen müßte.

Auch hier, wie überall in der Psychophysiologie, die farbigen Punkte unmittelbar gegebener Bewußtseinslinien ununterbrochen im Auge behaltend, können wir ausschließlich an parallelen Linien zugeordneter Phänomene erkenntnistheoretisch arbeiten: einerseits an der Linie der anatomisch-physiologischen Grundlage (Auge, Netzhaut, Sehnerv usw. bis zur Hirnrinde, möglicherweise bis zu den Reflexen), andrerseits an der Linie der den Organismus umgebenden, Reize auslösenden, physischen Welt.

Ist dem aber so, dann kann gegen die vergleichend-biologische Methode als Mittel zur Erklärung der von uns behandelten Erscheinungen a priori nichts eingewendet werden. Im Gegenteil, man sollte sich an sie vor allem wenden, wie in vielen andern das Verhältnis des menschlichen Organismus zu äußern Reizen betreffenden Fragen.

Daß dem aber wirklich so ist, beweist einerseits der soeben angeführte Ausspruch W. HEINRICH's, der ja ein Ergebnis mühevoller Studien über den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft von den Empfindungen ist, andrerseits der ungemein interessante Versuch des bekannten belgischen Ophthalmologen J. P. NUEL, eine analoge Methode in andere psychophysiologische Gebiete einzuführen.[1])

Es werden somit nicht etwa prinzipielle Erkennungspostulate, sondern einzig und allein praktische Rücksichten des betreffenden Wissenschaftsgebietes, die Möglichkeit, die Gesamtheit der Erscheinungen zusammenzufassen und eine tiefergehende Erklärung zu geben, als dies bis jetzt möglich gewesen, hierüber entscheiden, ob die von mir angewiesene Methode wirklich daseinsberechtigt ist.

Das wird sich nicht von heute auf morgen entscheiden lassen. Es ist dies eine Sache langwieriger Forschungen, experimenteller Untersuchungen, Zusammenstellungen und Generalisierungen.

Wir sind aber schon heute imstande, auf gewisse richtungsgebende Momente hinzuweisen, die mit genügender Anschaulichkeit sich aus den von mir bis jetzt erhaltenen Daten ergeben, welch letztere ich zum Teil in meiner Analyse des Maskierungsinstinkts dargestellt habe.

So kann ich auch hier meine Ausführungen und Aufstellungen

1) J. P. NUEL, La vision, in: Bibliot. intern. Psychol. exp., Vol. 1, Paris 1904.

nur an jene Ergebnisse anknüpfen, indem ich den Rest auf die nächste, speziell dem Chromotropismus gewidmete Arbeit verschiebe.

6. Vor allem ist die Feststellung chromotropischer Bewegungen beim Menschen keine absolute Unmöglichkeit. Sie ist bei kleinen Kindern und in gewissen pathologischen Fällen sehr wohl denkbar. Man müßte nur darauf die Aufmerksamkeit lenken und entsprechende Untersuchungsmethoden finden.

In der Literatur, mit der ich im Laufe dieses Jahres gelegentlich bekannt wurde, fand ich bereits einige ungemein wichtige Beispiele dafür. Es folge hier eines derselben aus der interessanten Arbeit von Victor Urbantschitsch „Über den Einfluß der Sinnesempfindungen auf die Sinnesfunktionen": „In einem Falle von heftigem Schwindel, wobei der Körper beim Stehen mit geschlossenen Füßen stetige Schwankungen nach vorn und hinten aufwies, erfolgte durch das Vorhalten eines grünen Glases vor den Augen eine bedeutende Beruhigung im Schwanken, durch Rot, Gelb, Blau und Violett trat dagegen ein Schwanken nach vorne auf, als ob der Körper von den betreffenden Glastafeln magnetisch angezogen wäre. Bei längerer Einwirkung einer der letztgenannten Farben entstand eine Sturzbewegung nach vorne. Unmittelbar nach Entfall der Farbeneinwirkung stellten sich wieder die früheren Schwankungen nach vorne und hinten ein." [1])

Welch vortreffliche Analogie zu dem negativen Chlorotropismus des *Pagurus* unter pathologischen Bedingungen der Asphyxis. Wie schade, daß der Verfasser die relative Intensität des Einflusses der vier positiv-tropischen Farben nicht erforscht hatte. Ging die Analogie noch weiter? zogen die roten Strahlen stärker an als blaue und violette, wie in unsern Untersuchungen am *Pagurus*?

Überhaupt könnte eine eingehende Erforschung ähnlicher, wohl nicht allzu seltner Fälle außerordentlich interessante Ergebnisse liefern. Mögen darauf die Spezialisten ihr Augenmerk werfen.

Die ganze Arbeit von Urbantschitsch beweist, daß der physiologische Zustand des gesamten menschlichen Nervensystems unter

1) V. Urbantschitsch, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 106 (1905), p. 102.

dem Einfluß chromatischer Strahlen gewisse wahrnehmbare Änderungen aufweist, ganz so wie in den von uns geschilderten Fällen der sich maskierenden Tiere.

Noch instruktiver wären, wie ich glaube, Untersuchungen an kleinen Kindern, wenn man bedenkt, daß eben die Bewegungsäußerungen der Kinder den einzigen Beweis ihrer chromatischen Empfindlichkeit bilden. Es wurde unlängst von Holden u. Bosse bewiesen, daß Kinder im Alter von 7 Monaten aufwärts bis zu 2 Jahren von den Farben des roten Teiles des Spectrums angezogen werden, und zwar in der Reihenfolge von links nach rechts. Von $1^1/_2$ Jahren an wird die Wahl der Farben immer mehr unklar, hingegen gewinnt vom 5. Lebensjahre an der rechte Spectrumteil die Oberhand, wobei die Vorliebe für blaue Strahlen besonders deutlich zum Vorschein kommt.[1]) Es müßte die Allgemeingültigkeit dieser Ergebnisse sichergestellt werden, unter eingehender Berücksichtigung des Einflusses jeder einzigen Farbe sowie des Umfanges der strahlenden Flächen und der Art ihrer Einwirkung auf das Kind.

Die Feststellung von Änderungen in der Farben„wahl“ im Laufe der physiologischen Entwicklung des Kindes würde vortrefflichen Stoff liefern zu Vergleichen mit dem Einfluß physiologischer Veränderungen auf den Chromotropismus der Tiere.

Es sollten sich Erzieher und Kinderpsychologen mit diesem Problem befassen. Es verdient ernstliche Beachtung, besonders wenn man nur für einen Augenblick annimmt, daß uns durch Zuordnung zu den Erscheinungen des Chromotropismus vielleicht eine nähere Erklärung gelingen würde, worin unsere besondere Vorliebe für eine Farbe bestehe, wodurch sie bestimmt werde, überhaupt, worauf das Wesen der gleichen Erscheinungen beruhe. Daß diese Voraussetzung kein leerer Wahn ist, beweist obige Analyse des „Wahl“akts eines farbigen Stoffes bei den sich maskierenden Krebsen.

7. Änderungen des Chromotropismus bei den genannten Tieren bedingt durch unmittelbare Einflüsse der Umgebung oder durch innere Veränderungen, durch Perturbation des physiologischen Zustandes des Organismus, insbesondere aber

1) W. A. Holden und K. K. Bosse, Über Entwicklung der Farbenwahrnehmung und Farbenbevorzugung bei Kindern, in: Arch. Augenklin., Vol. 44 (mir bekannt nach Referat von Delage, in: Année biologique).

das, was wir in so auffallender Form an den sich maskierenden Krebsen beobachteten, zwingen uns zu einer gründlichen Erwägung der Frage, ob es wirklich für eine richtige Auffassung der verwickelten Äußerungen unserer Lichtempfindungen unentbehrlich sei, mehrere hypothetische Substanzen des anatomisch-physiologischen Sehsubstrates anzunehmen, wie etwa die 3 Arten von Nervengeweben (Young-Helmholtz), von denen jede zur Leitung bloß einer einzigen der 3 „elementaren" chromatischen Erregungen dienen soll, oder die 3 Arten chemischer Substanzen, von deren Zerlegung und nachmaliger Synthese (nach Hering und seiner großen Schule) die 3 grundlegenden „Paare" von Empfindungen determiniert werden sollen, oder endlich die verschiedenartigen Pigmentkörnchen in den die Netzhautelemente umgebenden Chromatophoren (Pizon)[1], die nur durch gewisse Reize in ein spezifisches Schwingen geraten, welches nachher auf mechanischem Wege den Sehstäbchen und Zapfen mitgeteilt wird. . . .

Sind nämlich bei einer Crustacee, z. B. *Maja*, mit einem ganz eigenartigen Augenbautypus derart (wenigstens scheinbar) verwickelte chromotropische Erscheinungen möglich; sind ferner bei dem im System so viel tiefer stehenden Wurm *Lineus* mit wieder ganz anderm gegenüber dem unsrigen und demjenigen der Krabbe unendlich einfachen Augentypus komplizierte Übergänge von dem einen zu einem ganz andern entgegengesetzten Chromotropismus möglich, wovon hier abgesehen werden mußte, worüber ich jedoch in einer der genannten französischen Schriften[2]) kurz berichtet habe, — wäre es alsdann nicht viel einfacher zu versuchen, ob die Phänomene der Lichteindrücke sich nicht ebensogut lediglich auf dem Grunde objektiv festgestellter Tatsachen verstehen ließen, ohne die ad hoc geschaffenen hypothetischen Elemente? Ich wenigstens glaube, daß dem so sei und daß die allgemeinen Eigenschaften der bekannten Netzhautelemente zu diesem Zwecke vollständig genügen dürften.

Mit aufrichtiger Freude begrüßte ich daher den ersten und,

1) Ant. Pizon, Théorie méchanique de la vision, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 133 (1901), p. 835—837. Eine Theorie, die sich im Grunde durch nichts von der Young-Helmholtz'schen unterscheidet als durch die nicht weiter beglaubigte Annahme eines andern morphologischen Elements als hypothetischen vermittelnden Gliedes zwischen Reiz und Empfindung.

2) R. Minkiewicz, in: CR. Acad. Sc. Paris, November 1906 (No. 21). Insbesondere Punkt 3d.

was betont werden muß, völlig gelungenen Versuch, der durch den Weimarer Ophthalmologen E. Raehlmann [1]) fast gleichzeitig mit meinen Schriften als vorläufige Mitteilung veröffentlicht wurde. „Ich freue mich — schrieb mir der Verfasser — daß sich unsere Ansichten über das Wesen der Farbenempfindungen auf zwei so verschiedenen Wegen der Forschung begegnen.“ Um so instruktiver ist diese Kongruenz unserer Ansichten, um so gewichtiger wird sie, und um so überzeugender spricht sie zugunsten der von mir benutzten vergleichend-biologischen Methode!

Leider kann ich mich hier weder auf eine eingehende Schilderung der Raehlmann'schen Theorie noch auf die Beurteilung ihrer einzelnen Punkte einlassen. Bemerken muß ich, daß sie eine weitere Bearbeitung, eine genaue kritische Vergleichung mit dem experimentellen Materiale, sowohl dem ophthalmologischen als dem biologisch-chromotropischen, vor allem aber neue, unmittelbar aus der Theorie abgeleitete Untersuchungen erfordern würde.

Und sollte auch vieles davon verworfen werden müssen, der gesunde Kern, den ich hervorgehoben habe, bleibt sicherlich bestehen.

Diese Gewißheit geben mir, außer den dargelegten Beweisführungen, mittelbar — die im Laufe eingehenderer Studien immer anwachsende Zahl der Ungenauigkeiten und Widersprüche in den herrschenden Theorien, die nach ergänzenden Voraussetzungen verlangen [2]), unmittelbar aber die Ergebnisse mancher neuern Beobachter, wie z. B. Haas, daß die unter dem Einfluß verschiedenartiger Farbenstrahlen in der Netzhaut entstehenden Aktionsströme gewöhnlich die gleiche Richtung haben, daß ihre Richtung jedenfalls in den sog. antagonistischen Farben v. Hering nicht entgegengesetzt ist, wie es zu erwarten wäre [3]); ferner die erfolglosen Versuche von Pergens [4]), irgendwelche Unterschiede verschiedenartiger Nervenfasern durch histologische Tinktion nachzuweisen, was

1) E. Raehlmann, 1. Eine neue Theorie der Farbenempfindung auf anatomisch-physikalischer Grundlage, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 112 (1906). 2. Fortsetzung in: Ophthalmol. Klin., Vol. 10.

2) Siehe W. Heinrich, Teorye i wyniki etc., Warschau 1902.

3) Haas, Elektrische Ströme in der Retina, in: Arch. Augenheilk., Vol. 56 (1906).

4) Ed. Pergens, Action de la lumière colorée sur la rétine, in: Trav. Inst. Solvay, 1897.

nach den Voraussetzungen von Young-Helmholtz erforderlich wäre, Voraussetzungen, deren Unrichtigkeit neuerdings auf einem ganz andern Wege Erdridge Green [1]) bewiesen hatte; sein Endresultat besagt nämlich, daß jede Faser des Sehnervs allerlei chromatische Erregungen leiten muß usf.

In prinzipieller und theoretischer Hinsicht habe ich bereits oben den Ausdruck W. Heinrich's über die Einführung hypothetischer morphologischer Elemente angeführt, eine Ansicht, die ich vollständig teile.

Es ist mir übrigens klar, daß die Einführung derselben keineswegs eine praktische Notwendigkeit des betreffenden Wissensgebietes bedeutet, sondern einzig und allein ein Ergebnis irrtümlicher philosophischer Voraussetzungen war, die sich einerseits auf qualitativen und quantitativen Erscheinungen andrerseits auf Synthese der „Primärempfindungen" beziehen.

8. Die von uns nachgewiesene funktionelle Unabhängigkeit der Erscheinungen des Chromotropismus (des Einflusses von Farbenstrahlen) von denen des Phototropismus (des Einflusses des gewöhnlichen Tageslichts) und umgekehrt, erlaubt uns mit genügender Sicherheit zu schließen, daß die Empfindung der weißen Farbe in gleichem Maße wie alle andern Farben eine ursprüngliche und autonome, nicht aber eine abgeleitete und sekundäre Erscheinung ist.

Hierfür sprechen wieder zweierlei Beweise.

Erstens die aus der ophthalmologischen Literatur entlehnten Tatsachen. Untersuchungen von Aug. Charpentier [2]) über die von ihm sog. „sensibilité lumineuse brute", der die Möglichkeit bewiesen hat, unweit der Reizschwelle der Netzhaut Empfindungen von Weiß mittels monochromatischer Spectralstrahlen hervorzurufen. Ferner Untersuchungen über die chemischen Veränderungen in der Netzhaut, wodurch weder ein unbedingt stärkerer Einfluß des weißen Lichts, noch eine Kontinuität von Abstufungen von Rot gegen Violett

---

1) Erdridge Green, Das Verhältnis der Vorgänge bei Farbenblindheit zur psycho-physikalischen Theorie, in: Arch. Augenh.

Vorstehende Arbeit sowie die von Haas sind mir bloß nach Referaten in: Biophys. Ctrbl. bekannt.

2) Letzthin von Aug. Charpentier geschildert im Art. „L'origine et le mécanisme des différentes espèces de sensations lumineuses", in: Rev. génér. Sc., ann. 9, No. 13.

und Weiß, noch die antagonistischen rotgrünen oder gelbblauen Schwingungen (LODATO[1]), PERGENS) bewiesen werden.

Zweitens — theoretische, prinzipielle Belege: jener verhängnisvolle erkenntnistheoretische Fehler, gewisse unmittelbar gegebene Bewußtseinstatsachen auf angeblich einfachere, ursprünglichere, in unserm Falle die Empfindung des Weiß auf eine Synthese von „Primärempfindungen“ chromatischer Strahlen zurückführen zu wollen.

Und nun hätten wir wieder eine Kongruenz der Ergebnisse unserer vergleichend-biologischen Methode mit erkenntnistheoretischen Untersuchungen, eine für die Beurteilung der genannten Methode — meiner Meinung nach — ungemein wichtige Tatsache.

Weitere spezielle Untersuchungen über tierischen Chromotropismus und sein Verhältnis zum Phototropismus werden, glaube ich, imstande sein, deren beiderseitigen anatomisch-physiologischen Determinismus zu erklären, zugleich aber werden sie ein Licht werfen auf einen ebensolchen Determinismus weißer und chromatischer Farbenempfindungen beim Menschen. In erster Reihe aber werden diese Forschungen die Frage entscheiden, ob wirklich zum Verständnis der Entstehung dieser Empfindungen die Annahme unumgänglich sei, daß dieselben mit verschiedenen morphologischen Netzhautelementen zusammenhängen, von denen die einen (Sehstäbchen) vermeintlich ausschließlich zur Erzeugung weißer, die andern (Zapfen) ausschließlich zur Erzeugung andersfarbiger Empfindungen dienen sollen (KRIES, teilweise PARINAUD u. A.). Diese Ansicht scheint mir aus folgenden Gründen unrichtig.

Die Ergebnisse ophthalmologischer Forschungen, besonders neuern Datums, stimmen in dieser Beziehung gar nicht überein. Die bereits erwähnten Ergebnisse von CHARPENTIER z. B. scheinen direkt dagegen zu sprechen. In der unlängst erschienenen Arbeit des Finnen SIVÈN lesen wir: „Das langwellige Licht (Rot) reizt nur die Zapfen, die Stäbchen aber gar nicht, das kurzwellige Licht (Violett, Blau) nur die Stäbchen und die Zapfen gar nicht.“[2]) Diese wie jene sind also chromatischer

1) LODATO, I mutamenti della retina sotto l'influenza della luce, dei colori etc., in: Arch. Ottalmol., Vol. 7 (1900), (nach einem Referat in: l'Année biologique).

2) V. O. SIVÈN, Studien über die Stäbchen und Zapfen als Vermittler von Farbenempfindungen, in: Skandinav. Arch. Physiol., Vol. 17 (1905), p. 372.

Erregungen fähig. PERGENS wiederum fand, daß „Aucune couleur du spectre n'a diminué la chromatine soit dans les cônes à l'exclusion des bâtonnets, soit dans les bâtonnets à l'exclusion des cônes; nous ne saurions donc attribuer une fonction isolée à l'un de ces deux ordres d'élements.[1]) Ähnlich wird auch von RAEHLMANN keine spezielle Empfänglichkeit der Stäbchen und Zapfen gegen gewisse Lichtreize anerkannt; was aber die wirklich vorhandenen Empfindlichkeitsunterschiede verschiedener Netzhautteile betrifft, so erklärt RAEHLMANN dieselben durch verschiedene Stellung der winzigen Außengliederplättchen der Stäbchen und Zapfen zu den Strahlen.

Es wird die Sache weiterer eingehender Forschungen sein, diese Frage endgültig zu entscheiden.

Auf jeden Fall ist es sehr zweifelhaft, daß unter normalen Bedingungen eine kategorische Einteilung in Elemente mit bloß „weißer" Empfindlichkeit und solche von einer ausschließlich „farbigen" vorhanden sein sollte.

Das Beispiel der überreichen Erscheinungen des variablen synchromatischen Chromotropismus bei *Maja* spricht für die Möglichkeit verschiedenartiger funktioneller Veränderungen in denselben Elementen.

Vom menschlichen Auge ist uns dies übrigens längstens bekannt, und in vielen Fällen sind wir da imstande wunderbar exakte Analogien aufzudecken.

9. Betrachten wir den Einfluß der Bedingungen, die dem Sehen vorausgehen: Die Anpassung des Auges zur Dunkelheit oder zu geschwächtem Licht (Dunkeladaptation, „*hemétalopie*" PARINAUD), welche die Empfindlichkeit gegen das Licht im allgemeinen, insbesondere aber gegen kurzwellige Strahlen, nach PARINAUD, KRIES u. A. steigert, was übrigens A. CHARPENTIER verneint. Genau dasselbe haben wir ja doch bei *Maja* gesehen. In einem Aquarium mit schwarzem Boden und ebensolchen Seitenwänden wird durch jede farbige Fläche (von Rot bis inklusive Weiß) von verhältnismäßig so kleinem Umfange wie dem des viereckigen Papierstückes zur Bekleidung einer Krabbe eine entsprechende chromotropische Stimmung hervorgerufen, die das Tier nötigt, sich mit Stückchen jener Papiersorte zu bekleiden.

Es müßten genauere Untersuchungen angestellt werden, als dies

1) PERGENS, l. c., p. 33.

bei mir der Fall gewesen. Es ließe sich vielleicht feststellen, daß da der Einfluß roter Strahlen auf die, für Dunkelheit adaptierten Elemente des Gesichtsorgans keine (oder eine nur unbedeutende) Änderung erleidet, wie dies Kries u. Parinaud vom Menschenauge behaupten. Das wäre ungemein interessant. Sollte sich ein negatives Resultat ergeben, dann wäre dies am Menschenauge aufs neue festzustellen.

Andrerseits ist jene gesteigerte chromotropische Einwirkung des farbigen Papierstückes am schwarzen Boden des Aquariums gleichsam eine „Irradiation", eine Vergrößerung der Strahlungsfläche des Papierstückes, und kann vollständig mit den Erscheinungen der „Irradiation" in unserm Sehen verglichen werden. Der Determinismus dieser beiden Erscheinungen ist wahrscheinlich sehr ähnlich: eine Änderung des Empfindlichkeitsgrades der Netzhaut infolge einer Anpassung des ganzen Sehorgans oder seiner Teile an die geschwächte Intensität des ringsum strahlenden Lichts.

Ich glaube mich nicht zu irren, wenn ich annehme, daß eine Gegenüberstellung dieser beiden Erscheinungsreihen zur Aufklärung jenes Determinismus beitragen werde.

Daß es sich hier wirklich um eine graduelle Veränderung der Empfindlichkeit handelt, beweist die jedesmalige Adaptation der *Maja* bei einer gewissen Milieufarbe an einen damit genau übereinstimmenden Chromotropismus.

Das Fortdauern der chromotropischen Stimmung eine Zeitlang nach Aufhören des Reizes entspricht vollständig dem „Nachbild" im allgemeinen, insbesondere aber den farbigen positiven Nachbildern und muß auch meines Erachtens ebenso durch fortdauernde physikalisch-chemische Vorgänge in den Netzhautelementen (vielleicht im Nervensystem überhaupt) erklärt werden.

Eine rein psychologische Erklärung vieler solcher Erscheinungen, z. B. mittels Trugschlüssen nach Helmholtz, ist in beiden Fällen gleich unbegründet und gleich überflüssig.

Wer weiß, ob fortgesetzte Studien über das Wesen, den Bereich und die Änderungen jener chromatischen Stimmung und ein Vergleich der Ergebnisse mit den Tatsachen bei Victor Urbantschitsch [1]) bezüglich der Änderungen der Schwelle und des qualitativen Charakters der Empfindlichkeit unserer verschiedenen Sinne unter dem Einflusse chromatischer Empfindungen, überhaupt bei farbiger Beleuchtung, ob sie uns nicht einer kausalen Erkenntnis der

1) V. Urbantschitsch, l. c.

Wesenheit der menschlichen Stimmungszustände, wenigstens in ihren einfachern Äußerungsformen nähern würde?

Hier wären meine Schlußfolgerungen zu Ende. Ich besitze zwar genügende viele experimentelle Ergebnisse, um für eine Analogisierung gewisser, ungemein interessanter Erscheinungen von künstlich hervorgerufener Inversion des Chromotropismus (bei *Lineus*, *Pagurus*) mit Erscheinungen von Farbenblindheit (Dischromatopsie und Achromatopsie) und mit rhythmischen Veränderungen der Nachbilder, einer Fluktuation im Abklingen der Nachbilder durchzuführen, doch bin ich gezwungen, davon abzusehen, da mir der Rahmen vorliegender Arbeit nicht gestattete, im „experimentellen Teil" mich mit einer Schilderung betreffender, allzu sehr vom Thema abschweifender Tatsachen zu beschäftigen. Lassen wir das für eine künftige Arbeit.

An dieser Stelle hätte ich noch eins zu bemerken.

10. Sowie sonst überall auf dem Gebiete der Lebenserscheinungen erhebt sich auch bei Erörterung der Farbenempfindungen oft die Frage nach ihrer genetischen Entwicklung, ihrer Evolution.

„En supposant" — schreibt J. P. Nuel — „que les divers états de conscience visuelle se soient développés progressivement dans l'échelle animale, il est très probable que ceux d'extériorisation ont été les premiers à apparaître, et que les sensations de couleurs diverses sont de date phylogénique relativement récente, au contraire de ce que prétend la théorie psychologique. Il est infiniment probable que les premières représentations psychiques visuelles n'avaient rien de coloré." [1])

Es wäre überflüssig zu wiederholen, daß die Frage nach der Entwicklung der „Farbenwahrnehmungen" in der Reihe der tierischen Organismen ebensowenig wie die Frage nach dem „tierischen Bewußtsein" überhaupt ein Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntnis sein kann.

Es könnte hier allein das Problem der Entwicklung der sich in Bewegungen äußernden Farbenempfindlichkeit erörtert werden. Es sprechen aber die angeführten Tatsachen des Chromotropismus der Crustaceen, Würmer, Pflanzenstiele (Wiesner), ja sogar der Protozoen und Diatomeen (Engelmann) entschieden

1) J. P. Nuel, La vision, Paris (1904), p. 288.

gegen die angeführte Behauptung von Nuel. Es ist rein unmöglich anzunehmen, daß die Empfindlichkeit gegen farbiges Licht sich erst in spätern Zeiten entwickelt haben sollte, da schon bei niedersten Organismen chromotropische Bewegungen zugleich mit dem gewöhnlichen Phototropismus beobachtet werden. Dagegen ist die Frage nach der Entwicklung der chromatischen Empfindlichkeitsskala heutzutage noch unlösbar.

Nachdem in den siebziger Jahren die linguistischen Forschungen über antike Literatur, besonders über Homer, wie auch ethnologische Aufschließungen über die Urvölker, Lazarus Geiger zu der viel besprochenen Annahme veranlaßt haben, die Skala der Farbenempfindungen hätte sich erst in geschichtlichen Zeiten entwickelt, einer, wie es nachher erwiesen wurde, voreiligen Annahme, da die maßgebenden Tatsachen vielmehr die mangelhafte Entwicklung des sprachlichen Ausdrucks betrafen (Magnus), taucht diese Frage auch heute noch in der ophthalmologischen Literatur manchmal auf. So hat sich unlängst z. B. Erdridge Green geäußert, der Daltonismus sei eine niedere (atavistische) Entwicklungsstufe der chromatischen Empfindlichkeit; die verschiedenartigen Formen der Farbenblindheit von den Achromaten an, wie die Monochromaten, Bi-, Tri-, Tetra- oder Pentachromaten entsprächen einer Reihe einander folgender Entwicklungsstadien. Die Richtigkeit dieser Ansicht wäre nur durch exakte, eingehende, an der Hand entsprechend ausgearbeiteter Methoden geführte vergleichende Untersuchungen über den Photo- und Chromotropismus in der gesamten Entwicklungsreihe der lebenden Wesen sicherzustellen.

Heute wäre dies Unternehmen noch verfrüht.

Marjampol, gub. Suwalska (Russisch-Polen).

NB. Seit der Publikation dieser Arbeit in polnischer Sprache hat der Verf. bereits mehrere experimentelle Beiträge veröffentlicht, welche auf die hier — im 3. Teile — gestreiften Fragen Bezug haben:

1. Etude expérimentale du synchromatisme de Hippolyte varians, in: Bull. internat. Acad. Sc. Cracovie, 1908.
2. L'apparition rythmique et les stades de passage de l'inversion expérimentale du chlorotropisme des Pagures, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 147 (1908).
3. L'induction successive des images colorées après une très forte excitation de la rétine et les théories classiques de la vision, ibid., janvier 1909 usw.